

# **Modulação Biomecânica da Pressão na Cavidade Abdomino-Pélvica**

*Nuno Miguel Barros Dias*

## **Dissertação do MIEM**

Orientador na FEUP: Prof. Doutor Renato Natal

Coorientador na FEUP: Prof. Doutor Marco Parente



**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**  
**Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

Outubro de 2015



## Resumo

A incontinência urinária (IU), incontinência fecal (IF) e o prolapso dos órgãos pélvicos (POP) são das disfunções mais comuns na zona abomino pélvica na população feminina. É uma condição benigna e de baixa gravidade, no entanto diminui bastante a qualidade de vida do doente. Estudar o comportamento do conjunto das vísceras pélvicas e respectivas estruturas de suporte, músculo levantador do ânus (MLA), fásia pubocervical (FP) e alguns pares de ligamentos, permite-nos um melhor conhecimento dos mecanismos destas situações patológicas.

Atualmente, o desenvolvimento de modelos computacionais cada vez mais detalhados e sofisticados da anatomia humana, permite-nos observar esses mecanismos com uma maior introspeção.

Deste modo, através da utilização de um modelo geométrico tridimensional dos principais órgãos da cavidade pélvica feminina e respectivas estruturas de suporte, aplicando o Método dos Elementos Finitos (MEF), foi possível simular o movimento dos mesmos aplicando diferentes pressões intra-abdominais. A variação da pressão intra-abdominal aplicada, a indução de danos nos ligamentos pélvicos e a alteração da percentagem de ativação dos músculos do pavimento pélvico foram os parâmetros testados para permitir retirar conclusões quanto ao desenvolvimento das disfunções pélvicas nas mulheres.

Para este estudo foram comparadas duas situações distintas para a população feminina: a aplicação de pressões intra-abdominais nas estruturas pélvicas entre  $\sim 0,0002$  MPa (situação repouso) até  $\sim 0,004$  MPa (Manobra de Valsalva) para uma mulher saudável, e a aplicação das mesmas pressões para uma mulher com danos no sistema muscular de 25%, 50% e 75%. Estas diferentes condições de simulação permitiram, deste modo, analisar o deslocamento das vísceras pélvicas e os esforços presentes nas estruturas de suporte, e deste modo analisar o contributo e a influência de cada um deles no suporte e proteção dos órgãos da cavidade pélvica.

Verificou-se que, para o caso em estudo, o uso do modelo da cavidade pélvica feminina e respectivas estruturas de suporte permitiu um melhor conhecimento dos mecanismos relacionados com estas disfunções.

**Palavras-chave:** Biomecânica, Método dos Elementos Finitos, modelo 3D, Cavidade Abdomino-Pélvica, Disfunções Pélvicas, incontinência urinária



# ***Biomechanical Modulation of the Pressure in the Abdomino-Pelvic Cavity***

## **Abstract**

The urinary incontinence, fecal incontinence and the prolapse of the pelvic organs are one of the most common dysfunctions in the abdominopelvic zone in the feminine population. It is a benign condition and of low gravity, however it reduces enough the life quality of the patient. Study the behavior of the set of the pelvic innards and respective structures of support, the levator ani, pubocervical fascia and some pairs of ligaments, allows us a better knowledge of the mechanism of these pathological situations.

At the present, the development of more detailed and sophisticated computational models of the human anatomy, allows us to observe these mechanisms with a bigger introspection.

In this way, through the use of a three-dimensional geometrical model of the main organs of the feminine pelvic cavity and respective structures of support, applying the Finite Element Method, it was possible to simulate the movement of the same, applying different intra-abdominal pressures. The variation of the intra-abdominal applied pressure, the induction of damages in the pelvic ligaments and the alteration of the percentage of the activation of the pelvic muscles, were the parameters tested to allow to draw conclusions as for the development of the pelvic dysfunction in the women.

For this study two different situations were compared for the feminine population: the application of the intra-abdominal pressures in the pelvic structures between  $\sim 0,0002$  MPa (rest situation) even  $\sim 0,004$  MPa (Valsava Maneuver) for a healthy women, and the application of the same pressure for a woman with damages in the muscular system of 25%, 50% and 75%. These different simulation conditions allowed, in this way, to analyse the dislocation of the pelvic innards and the present efforts in the support structures, and in this way to analyse the contribution and the influence of each one of them in the support and protection of the organs of the pelvic cavity.

For the case in study, it happened that the use of the model of the feminine pelvic cavity and its respective support structures allowed a better knowledge of the mechanisms connected with these dysfunctions.

**Keywords:** Biomechanics, Finite Element Method, 3D Model, abdominopelvic cavity, Pelvic Dysfunctions, urinary incontinence

# Agradecimentos

A realização desta dissertação não teria sido possível sem a Joana Rita Moreira, pois não fosse o seu apoio esta tese ainda seria um sonho e não uma realidade, e assim sendo, pela sua disponibilidade, paciência e encorajamento, um muito obrigado.

À minha mãe, um muito obrigado por ainda não me ter expulso de casa, e por me ter dado todas as condições para me formar, arranjar um bom trabalho e ficar milionário.

Ao meu orientador Prof. Doutor Renato Natal e coorientador Prof. Doutor Marco Parente desejo agradecer porque apesar da minha pouca disponibilidade, eles estiveram sempre de portas abertas e disponíveis para me ajudarem no que fosse preciso.

# Índice

Capítulo 1 .....	1
Introdução .....	1
Capítulo 2 .....	3
Anatomia da Cavidade Abdomino-Pélvica .....	3
2.1. Cavidade Abdominal e Pélvica .....	3
2.1.1. Órgãos da Cavidade Pélvica.....	4
Capítulo 3 .....	12
Disfunções dos Órgãos Pélvicos .....	12
3.1. Incontinência Urinária.....	12
3.1.1. Epidemiologia .....	13
3.1.2. Diagnóstico.....	13
3.1.3. Tratamentos .....	15
3.2. Prolapso dos órgãos Pélvicos .....	17
3.2.1. Epidemiologia .....	18
3.2.2. Diagnóstico.....	18
3.2.3. Tratamentos .....	19
3.3. Incontinência Fecal .....	20
3.3.1. Epidemiologia .....	21
3.3.2. Diagnóstico.....	21
3.3.3. Tratamentos .....	23
Capítulo 4 .....	24
Biomecânica da Cavidade Pélvica .....	24
4.1. Dinâmica dos órgãos suportados pelo pavimento pélvico .....	25

4.1.1. Dinâmica da uretra .....	25
4.1.2. Dinâmica anorretal .....	25
4.1.3. Manobra de Valsalva.....	26
4.2. Modelação da cavidade pélvica.....	27
4.2.1. Método dos Elementos Finitos .....	28
4.2.2. Simulação – Software Utilizado.....	29
4.2.3. Estudos anteriores na área .....	30
Capítulo 5 .....	33
Simulação da Biomecânica da Cavidade Pélvica.....	33
5.1. Construção do modelo tridimensional da cavidade pélvica da mulher .....	33
5.2. Propriedades dos Materiais .....	34
5.3. Condições de Fronteira.....	35
5.4. Carregamentos.....	35
Capítulo 6 .....	38
Resultados e Discussão .....	38
6.1. Modelo a 100% .....	38
6.2. Modelo com dano na fáscia.....	42
6.3. Modelo com dano nos ligamentos.....	47
6.4. Modelo com dano nos músculos .....	52
6.5. Modelo com melhoria na fáscia .....	57
6.6. Modelo com melhoria nos ligamentos .....	62
6.7. Modelo com melhoria nos músculos.....	67
Capítulo 7 .....	72
Conclusões e Perspetivas Futuras .....	72
7.1. Conclusões gerias.....	72
7.2. Possíveis evoluções e desenvolvimentos futuros .....	74
Referências.....	75

# Índice de Figuras

Figura 1 – Cavidade abdomino-pélvica [4].	3
Figura 2 - Vista sagital dos órgãos da cavidade pélvica feminina [8].	5
Figura 3 – Parede pélvica. [7]	6
Figura 4 – Músculos do levantador do ânus. [6]	9
Figura 5 - Fáscia e ligamentos pélvicos. [8]	11
Figura 6 - Modelo da cavidade abdomino-pélvica.	24
Figura 7 - Esquema representativo do modelo de Valsalva.	26
Figura 8 - Imagens em 3D dos diferentes planos da cavidade pélvica.	27
Figura 9 - Malha de elementos finitos para um problema bidimensional.	28
Figura 10 -Malha do modelo da Cavidade em estudo.	29
Figura 11 – Descrição simplificada de determinadas partes de músculo.	30
Figura 12 – Posição inicial do feto e a sua posição de uma deslocação vertical da cabeça fetal de 60 a 90 mm.	31
Figura 13 – Gráfico descritivo do tamanho da parede vaginal em função de diferentes danos no músculo pubocervical.	32
Figura 14 - Órgãos presentes no modelo da cavidade pélvica.	33
Figura 15 - Elementos de sustentação e proteção dos órgãos da cavidade pélvica.	34
Figura 16 – Conjunto de pressões intra-abdominais aplicadas no modelo.	36
Figura 17 -Valores de pressões intra-abdominais associados a cada atividade.	36
Figura 18 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ , $U_y$ e $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo a 100%.	39
Figura 19 - Representação esquemática das tensões presentes no modelo a 100%.	40
Figura 20 - Representação esquemática numa vista em corte das tensões presentes no modelo a 100%.	40
Figura 21 - Representação esquemática da tensão máxima no modelo a 100%.	40

Figura 22 - Representação esquemática dos deslocamentos nodais segundo $U_x$ , $U_y$ e $U$ magnitude para o modelo a 100% .....	41
Figura 23 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ , $U_y$ e $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com dano na fáscia a 25%. ....	43
Figura 24 Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ , $U_y$ e $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com dano na fáscia a 50%.- .....	44
Figura 25 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ , $U_y$ e $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com dano na fáscia a 75%. ....	45
Figura 26 Representação esquemática dos deslocamentos nodais segundo $U_x$ , $U_y$ , $U$ magnitude e tensão Von Mises para o modelo com dano na fáscia a 75% .....	46
Figura 27 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ , $U_y$ e $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com dano nos ligamentos a 25%. 48	
Figura 28 Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ , $U_y$ e $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com dano nos ligamentos a 50%. 49	
Figura 29 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ , $U_y$ e $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com dano nos ligamentos a 75%. 50	
Figura 30 - Representação esquemática dos deslocamentos nodais segundo $U_x$ , $U_y$ , $U$ magnitude e tensão Von Mises para o modelo com dano nos ligamentos a 75% .....	51
Figura 31 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ , $U_y$ e $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com dano nos músculos a 25%. 53	
Figura 32 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ , $U_y$ e $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com dano nos músculos a 50%. 54	
Figura 33 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ , $U_y$ e $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com dano nos músculos a 75%55	
Figura 34 - Representação esquemática dos deslocamentos nodais segundo $U_x$ , $U_y$ , $U$ magnitude e tensão Von Mises para o modelo com dano nos músculos a 75%.....	56
Figura 35 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ , $U_y$ e $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com melhoria na fáscia a 25%.58	
Figura 36 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ , $U_y$ e $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com melhoria na fáscia a 50%.59	

Figura 37 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ , $U_y$ e $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com melhoria na fáscia a 75%	60
Figura 38 - Representação esquemática dos deslocamentos nodais segundo $U_x$ , $U_y$ , $U$ magnitude e tensão Von Mises para o modelo com melhoria na fáscia a 75%.....	61
Figura 39 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ , $U_y$ e $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com melhoria nos ligamentos a 25% .....	63
Figura 40 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ , $U_y$ e $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com melhoria nos ligamentos a 50% .....	64
Figura 41 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ , $U_y$ e $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com melhoria nos ligamentos a 75%.....	65
Figura 42 - Representação esquemática dos deslocamentos nodais segundo $U_x$ , $U_y$ , $U$ magnitude e tensão Von Mises para o modelo com melhoria na 75%.....	66
Figura 43 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ , $U_y$ e $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com melhoria nos músculos a 25%	68
Figura 44 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ , $U_y$ e $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com melhoria nos músculos a 50%.	69
Figura 45 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ , $U_y$ e $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com melhoria nos músculos a 75%.	70
Figura 46 - Representação esquemática dos deslocamentos nodais segundo $U_x$ , $U_y$ , $U$ magnitude e tensão Von Mises para o modelo com melhoria dos músculos a 75%. ....	71



## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Ligamentos do pavimento pélvico envolvidos no suporte das vísceras pélvicas.....	10
Tabela 2 - Avaliação inicial do diagnóstico da IU .....	14
Tabela 3 – Quadro resumo dos tratamentos conservadores usados na intervenção da IU	15
Tabela 4 - principais categorias da cirurgia da IU.....	17
Tabela 5 - Etiologia da IF.....	20
Tabela 6 - Informações a obter durante a história clínica do doente com IF .....	21
Tabela 7 - Pressão intra-abdominal aplicada em cada step.....	37

## **Acrónimos**

IU	Incontinência Urinária
IF	Incontinência Fecal
POP	Prolapso dos órgãos pélvicos
MLA	Músculo levantador do ânus
MEF	Método dos elementos finitos
FP	Fáscia pubocervical
MPP	Músculos do pavimento pélvico
EAI	Esfíncter anal interno
EAE	Esfíncter anal externo

# Capítulo 1

## Introdução

O Método dos Elementos Finitos (MEF) é um método numérico utilizado para resolver problemas que podem ser descritos em termos de equações com derivadas parciais. Assim sendo, este método consiste na discretização de um meio contínuo em pequenos elementos, mantendo as propriedades do meio original. Antes do aparecimento do MEF era necessário uma resolução direta dos sistemas de equações de derivadas parciais, principalmente através de séries de Fourier, tendo em conta as condições de fronteira. [1]

A utilização do MEF na área da biomecânica é de elevada importância, pois com métodos convencionais é bastante difícil criar modelos semelhantes à estrutura pélvica, visto que estas têm uma elevada diversidade de substância e contornos, que levavam à necessidade de equipamentos e instrumentos de elevado custo. [2] Assim sendo, e com a ajuda de *softwares CAD* é possível modelar um modelo bastante aproximado dos órgãos em estudo, o qual será posteriormente discretizado em pequenos elementos finitos com ajuda do software *ABAQUS*. Esta ferramenta possibilita então simular os movimentos dos órgãos e dos músculos do pavimento pélvico (MPP), quando estes estão sujeitos a uma força mecânica, contribuindo para o estudo de disfunções como a IU e IF. A perda involuntária de urina pela uretra é uma condição benigna e sem gravidade, no entanto diminui significativamente a qualidade de vida do doente. Esta patologia é duas vezes mais frequente na mulher do que no homem, e estima-se que cerca de 200 milhões de pessoas em todo o mundo a tenham. Apesar da incerteza da origem desta doença, são vários os fatores de risco como a gravidez e parto por via vaginal, obesidade, défice de estrogénios, diabetes ou mesmo a prática de desportos de alto impacto. Surge então a necessidade de procurar métodos alternativos para explorar esta patologia. [3]

Estudos recentes comprovam que os modelos biomecânicos são uma alternativa para melhor compreender patologias em órgãos do corpo humano, visto que os métodos

convencionais, devido à incapacidade de criar modelos semelhantes devido à diversidade de substâncias, são métodos caros e precisam de laboratórios bem equipados.

Os métodos computacionais são já uma realidade, e podem representar no futuro, uma importante ferramenta de estudo do funcionamento do corpo humano, pois uma análise prévia de um modelo biomecânico permite uma representação anatômica não invasiva de disfunções, e como tal, é possível uma melhor preparação de possíveis cirurgias.

No caso do modelo da cavidade abdomino-pélvica são várias as vantagens associadas à sua utilização para a realização de simulações, das quais se destacam a possibilidade de realizar hipóteses acerca da anatomia e fisionomia de cada órgão pélvico, ajudar a compreender o POP e a consequente incontinência urinária e fecal existente em algumas mulheres, e o desenvolvimento de ferramentas que permitam identificar doentes com o risco de prolapso pélvico. A análise dos tecidos permite também prever em que sentido o reforço de uma estrutura danificada é benéfica ou prejudicial no doente. No futuro, quem sabe, a utilização de modelos biomecânicos pode ajudar a desenvolver possíveis curas para os problemas de incontinência que atinge várias mulheres de todas as idades. [2]

A IU e IF juntamente com o POP são algumas das disfunções do pavimento pélvico. A utilização do MEF como ferramenta de análise matemática contribui então para o estudo dos mecanismos relacionados com as disfunções da cavidade pélvica, desde o ato de exalar o ar mantendo a boca e o nariz tapado (Manobra de Valsava), ou mesmo na simples situação de tosse.

Assim sendo, o objetivo desta dissertação desenvolvida no âmbito do Mestrado Integrado de Engenharia Mecânica na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, passou por simular um modelo biomecânico da cavidade abdomino-pélvica de uma mulher aplicando o Método dos Elementos Finitos (recorrendo ao *Software ABAQUS*), e estudar a influência de danos na fáscia, músculos ou ligamentos, na incontinência urinária e fecal.

## Capítulo 2

### Anatomia da Cavidade Abdomino-Pélvica

#### 2.1. Cavidade Abdominal e Pélvica

A cavidade abdomino-pélvica (figura 1) estende-se desde o diafragma até à virilha e está rodeada pela parede abdominal e pelos ossos e músculos da pelve [4]. Como o nome sugere, a cavidade abdomino-pélvica divide-se em duas partes, embora nenhuma parede as separe. A parte superior, a cavidade abdominal, contém o estômago, o baço, fígado, vesícula biliar, pequenas partes do intestino delgado e maior parte do intestino grosso. Grande parte destes órgãos fazem parte do sistema digestivo. Por outro lado, a cavidade pélvica é composta pelas

partes terminais dos ureteres e da bexiga, reto e órgãos internos do sistema reprodutivo. Esta cavidade é limitada inferiormente pelo diafragma pélvico, suspenso acima da abertura pélvica inferior formando o pavimento pélvico. Posteriormente, a cavidade pélvica é limitada pelo cóccix e pelo sacro com a parte superior do sacro a formar um teto sobre a metade posterior da cavidade. [5]

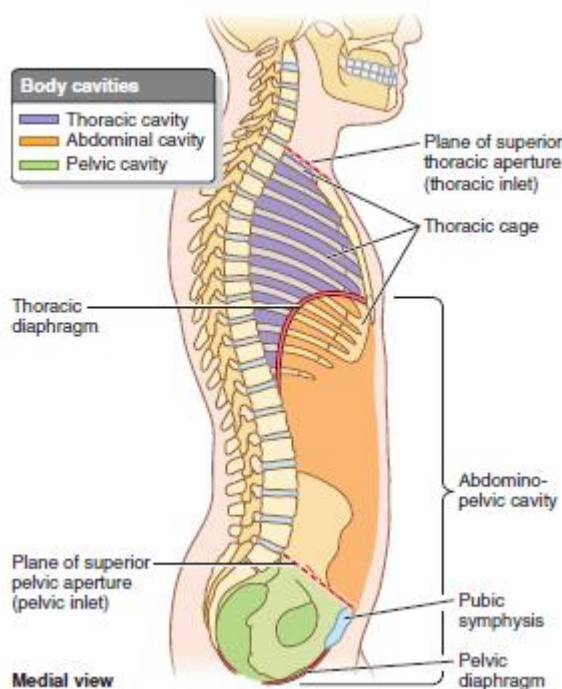


Figura 1 – Cavidade abdomino-pélvica [4].

### **2.1.1. Órgãos da Cavidade Pélvica**

A bexiga (figura 2) está situada na zona inferior do abdómen, anteriormente à púbis. Anatomicamente, pode ser delimitada em três partes: cúpula – parte superior, revestida exteriormente pelo peritoneu, corpo na qual recebe a urina proveniente dos ureteres e base que aflui para orifício uretral e na qual faz ligação com a uretra [5]. O músculo detrusor faz parte das paredes vesicais deste órgão, na qual a disposição das fibras musculares que o constituem permitem a capacidade de distensão de forma concêntrica, de cima para baixo. O trígono vesical é outra estrutura muscular presente na bexiga, de forma triangular que tem como vértices os dois ureteres e o orifício uretral. [6]

A uretra (figura 2) é um órgão tubular que se estende desde o orifício uretral até ao hiato urinário, orifício de excreção da urina. A uretra feminina é mais curta que a masculina e segue um trajeto reto descendente para o exterior, possuindo diferentes estruturas musculares associadas [5]. A camada interna da uretra é composta por tecido muscular liso, e a mais externa por músculo estriado (esfíncter externo), cujas fibras se dispõem circularmente em torno da uretra, sendo que formam uma bainha mais espessa no terço médio da uretra. A configuração circular implica a constrição do esfíncter permitindo o controlo voluntário da continência urinária. [7]

O útero (figura 2) é um órgão de constituição muscular que tem uma forma de pera invertida e situa-se entre a bexiga e o reto [5]. A região mais superior do útero designa-se de fundo uterino e é a porção mais larga. Inferiormente, segue-se o corpo uterino que assume uma forma triangular, que se vai estreitando à medida que se aproxima da vagina. O útero é 85% de músculo liso e 15% de tecido conjuntivo. [6]

A vagina (figura 2) é um canal musculomembranoso que se estende da vulva até o útero. Com um comprimento entre 80 a 100 mm, este órgão possui um diâmetro médio de 40 mm. [5,8] Situa-se entre a bexiga e o reto, sendo sustentada nomeadamente pelos ligamentos carinais e pelos MPP. Uma vez que possui musculatura elástica, tem como principal propriedade distender-se a diferentes diâmetros. [9]

O reto (figura 2) é um tubo muscular de 12 a 15 cm, composto por um músculo longitudinal contínuo que se interlaça com o músculo circular subjacente [5]. Este arranjo muscular permite que funcione como reservatório, conseguindo acomodar-se passivamente à distensão, e como propulsor de fezes. [10,11]

O ânus (figura 2) é um tubo muscular de 2 a 4 cm que em repouso forma um ângulo de cerca de 90° com o reto [5]. Durante a contração voluntária este ângulo torna-se mais agudo, enquanto durante a defecação ele fica mais obtuso. [12]

O ânus mantém-se normalmente fechado pela atividade tônica do Esfíncter Anal Interno (EAI) - expansão da camada circular do músculo liso do reto - sendo esta barreira reforçada pelo Esfíncter anal Externo (EAE) - extensão do músculo levantador do ânus (MLA) - durante a contração voluntária [5,13]. Deste modo, um componente preponderante para a manutenção da continência é o esfíncter anal, que é extremamente dinâmico, influenciando por uma variedade de reflexos e modelado pelo sistema nervoso central. [13]

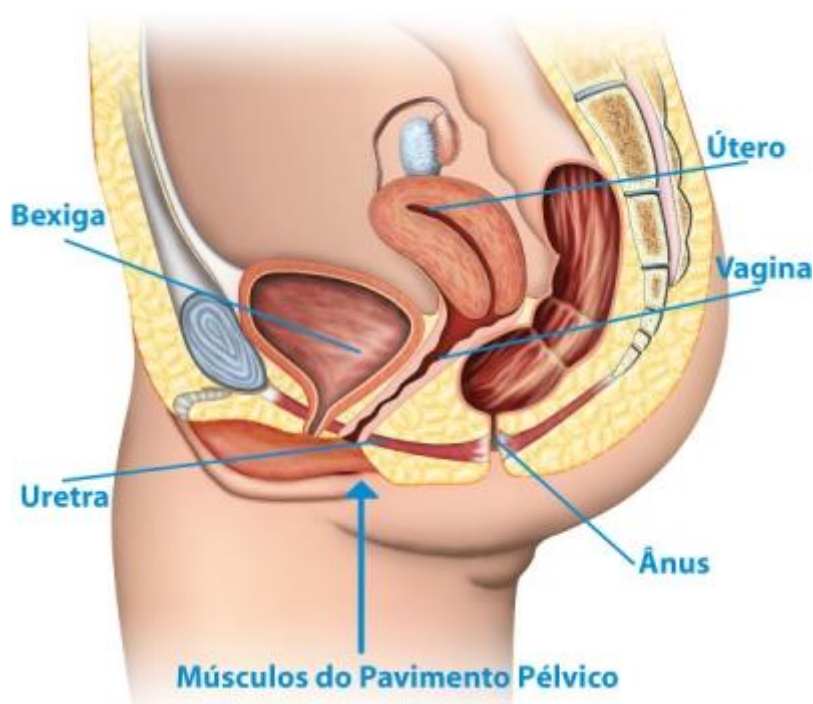


Figura 2 - Vista sagital dos órgãos da cavidade pélvica feminina [8].

#### 2.1.1.1. Paredes e Pavimento da Cavidade Pélvica

Faz parte da constituição da cavidade pélvica a parede ântero-inferior, duas paredes laterais, uma parede posterior e um pavimento (figura 3). [6,8]

A parede ântero-inferior participa no suporte do peso da bexiga, tendo na sua formação corpos e ramos dos ossos púbicos e sínfise púbica. [4,6]

As paredes laterais são cobertas, na grande parte da sua extensão, pelos músculos obturadores internos e formadas pelos ossos coxais. Por sua vez, a superfície mediais dos

músculos obturadores internos estão cobertas pela fáscia, obturadores que permitem a fixação do diafragma pélvico. O diafragma pélvico forma o pavimento da cavidade pélvica e o teto do períneo, dividindo os músculos obturadores internos numa porção pélvica superior e numa porção perineal inferior. [8]

A parede posterior consiste numa parede óssea e num teto, constituídos pelo cóccix e pelo sacro, e em paredes póstero-laterais músculo-ligamentosas, formadas pelos ligamentos associados às articulações sacroilíacas e músculo piriformes.

Por último, o pavimento pélvico é formado, em parte, pelo diafragma pélvico, tendo na sua constituição dois grandes músculos: coccígeo e elevador do ânus, bem como as fáscias e ligamentos que cobrem estes músculos. [10]

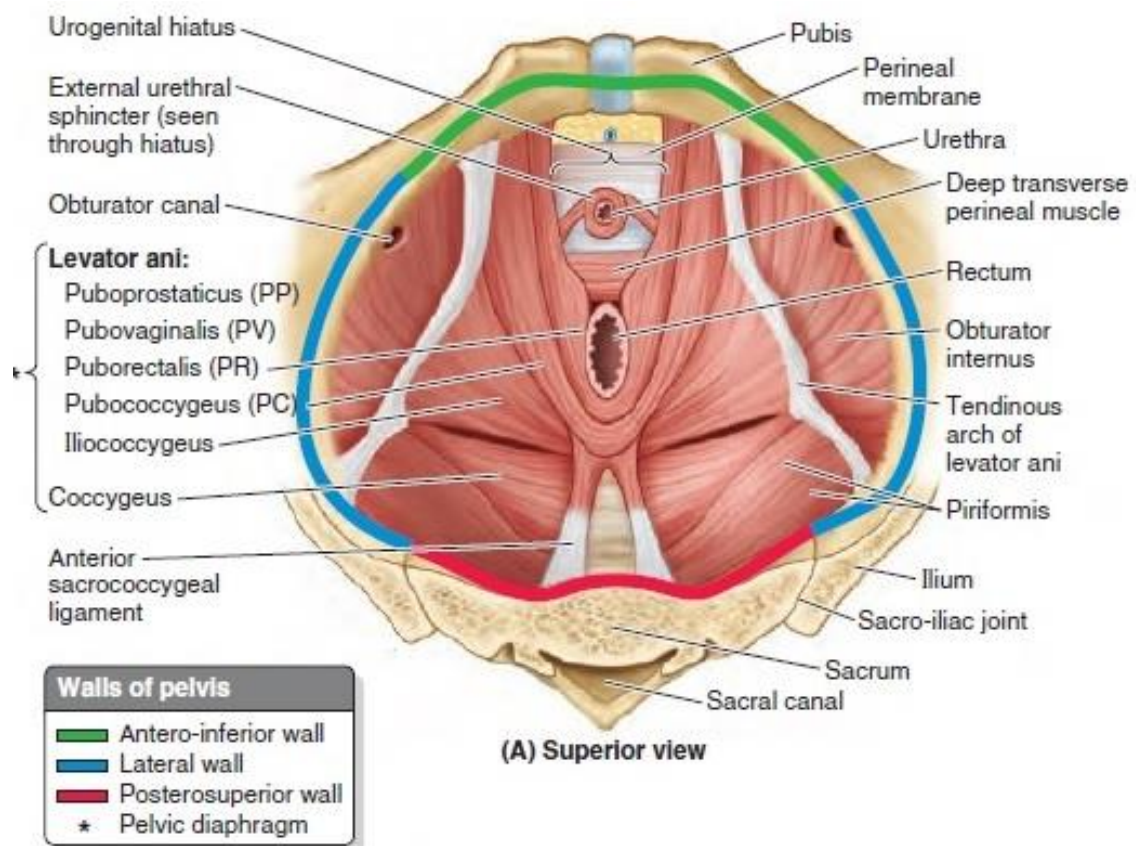


Figura 3 – Parede pélvica. [7]



#### **2.1.1.1.1. Pavimento Pélvico**

O pavimento pélvico, situado no limite inferior da cavidade pélvica e no limite superior do períneo, estende-se desde a púbis até ao cóccix. [5]

O pavimento é um complexo conjunto de estruturas – músculos, fáscias e ligamentos, que suportam os órgãos pélvicos e abdominais. Quando visto no plano sagital, o pavimento pélvico é dividido em três compartimentos: anterior, composto pela bexiga e uretra; médio, constituído pelo útero, colo do útero e vagina e por último o compartimento posterior, contendo reto. O suporte dessas estruturas dá-se através da fixação dos músculos, fáscias e ligamentos à pelve óssea. [10,11]

Os músculos podem ainda ser divididos de acordo com a sua profundidade em três camadas: superficial, médio e profundo.

O plano superficial é composto pelo períneo, localizando-se abaixo do diafragma pélvico e do diafragma urogenital. [8] Anatomicamente é uma região estreita entre a musculatura das coxas, entretanto, quando os membros inferiores são abduzidos, o períneo ganha forma losango, cujos limites ósseos incluem anteriormente a margem inferior da sínfise púbica, posteriormente a extremidade do cóccix e lateralmente as tuberosidades isquiáticas [10]. Este plano é composto pelos músculos bulboesponjoso e isquiocavernoso, pelo músculo transverso superficial do períneo, pelo esfíncter externo do ânus e pelo músculo constritor da vulva. [12,14]

O plano intermédio é composto pelos músculos transversos profundo do períneo e esfíncter externo da uretra [6]. O músculo transverso profundo do períneo é recoberto interna e externamente por membranas fasciais. Este músculo em conjunto com as fáscias superiores e inferiores constituem o diafragma urogenital.

O plano profundo é composto pelo músculo coccígeo e levantador do ânus. Este último é dividido numa parte externa, esfíncteriana, composta pelos feixes dos músculos pubococcígeo e iliococcígeo, sendo reforçado pelo músculo isquiococcígeos. A parte interna do levantador do ânus é constituída pelos feixes pubovaginais e puboretal. [14]

#### **2.1.1.1.2. Músculos do Pavimento Pélvico (MPP)**

O pavimento pélvico é composto por dois tipos de estruturas musculares: o diafragma pélvico, que representa o sistema muscular que reveste inferiormente a pélvis, compreendido desde a púbis ao cóccix e lateralmente entre as paredes do pavimento pélvico, e o diafragma urogenital ou membrana perineal, que é uma camada mais superficial e distal do pavimento, responsável pela ação voluntária da continência [14].

O diafragma pélvico é composto pelo músculo estriado levantador do ânus e pelo músculo coccígeo, bem como pelas fâscias que o constituem posteriormente. [12]

O MLA (figura 4), componente fundamental do pavimento pélvico, é um músculo largo de espessura variável que está ligado à superfície interna da pelve, a qual forma uma grande porção do pavimento pélvico. O músculo está subdividido em duas porções, designadas por iliococcígeo e pubococcígeo, estando este último subdividido em puboperineal, pubovaginal, puboanal e puborectal. [6,14]

Dada a existência de uma abertura oval por onde passam a vagina, a uretra e o canal anal, o MLA não cobre na totalidade a pelve. O puborretal e pubococcígeo têm origem no arco tendíneo e na púbis, formando uma banda em forma de U envolvendo o recto, mas com diferentes regiões de inserção: cóccix (pubococcígeo) e púbis (puborretal). Estes dois originam um eficiente anel muscular que sustenta os órgãos pélvicos em disposição normal. Por outro lado, promovem a resistência destes ao aumento da pressão intra-abdominal e assumem uma função fulcral na continência fecal e urinária ao direcionar o complexo ano-rectal e a uretra para a púbis, por contração muscular, permitindo a oclusão destas estruturas. O músculo iliococcígeo é relativamente estreito e pouco desenvolvido, apresentando-se como uma “placa” horizontal que ocupa uma possível abertura entre as paredes pélvicas laterais

O coccígeo, por vezes designado por isquiococcígeo, compreende o músculo situado posterosuperior ao MLA, partindo como um triângulo musculotendinoso, com o seu ápice ligado à superfície pélvica e à ponta da espinha isquiática. A base do músculo está ligada às margens laterais do cóccix e à vertebra S5. [8,13]

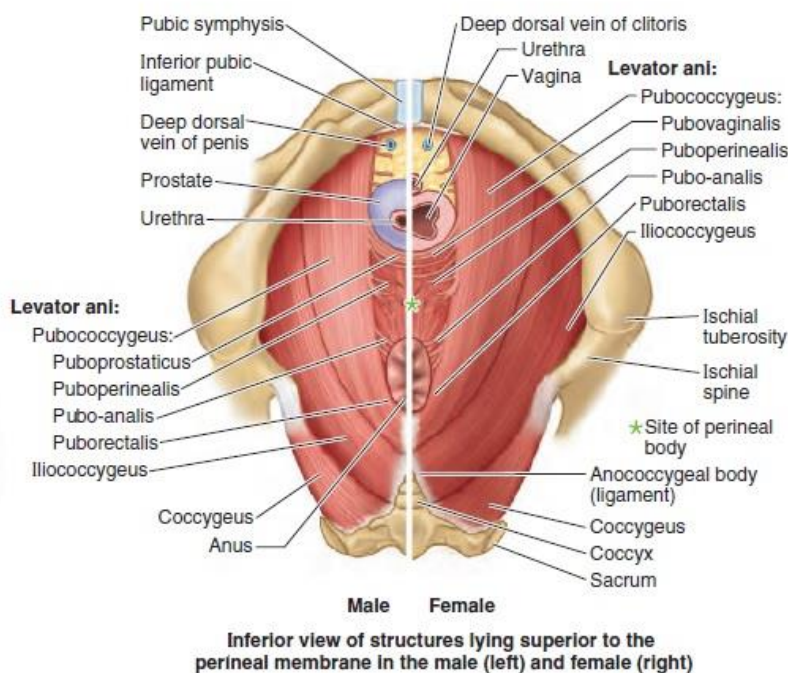


Figura 4 – Músculos do levitador do ânus. [6]

### 2.1.1.1.3. FásCIAS do Pavimento Pélvico

Fáscia é o termo usado para descrever as folhas do tecido conjuntivo presente no corpo. A fáscia muscular desagrega e compartimenta os músculos individuais ou grupos de músculos e é formada por tecido conjuntivo denso e irregular com colagénio. [4] Cada um dos planos musculares do pavimento pélvico detém um revestimento fascial próprio. Desta forma, no pavimento pélvico fazem parte três planos faciais (figura 5): a fáscia do períneo para os músculos superficiais, a fáscia do diafragma pélvico em relação com o plano muscular intermédio e a fáscia pélvica que envolve o diafragma pélvico. [8]

A fáscia do períneo é subcutânea e abrange meramente o períneo anterior, revestindo os músculos superficiais da região urogenital, ou seja, os músculos transverso superficial do períneo, isquiocavernoso e bulboesponjoso. Esta fáscia perde-se medialmente no tecido conjuntivo da base dos lábios menores da vulva e anteriormente continua com a fáscia do clítoris. [6]

A fáscia do diafragma pélvico, tal como a fáscia do períneo, ocupa apenas a região anterior do períneo. Esta fáscia, de forma triangular, é composta por duas fásCIAS, uma inferior e outra superior, que compreendem entre si os músculos do plano médio. A fáscia inferior do diafragma pélvico estende-se transversalmente desde o ramo isquiopúbico até ao bulbo do

vestíbulo. A fáscia superior do diafragma pélvico, posteriormente, perde-se no centro do períneo, lateralmente une-se à fáscia inferior do diafragma pélvico terminando medialmente na parede lateral da uretra e da vagina. [6,11]

A fáscia pélvica envolve o diafragma pélvico, contínua lateral e superiormente com a fáscia obturadora e posteriormente com a fáscia que cobre o plexo sagrado.

#### 2.1.1.1.4. Ligamentos do Pavimento Pélvico

Os ligamentos são estruturas resultantes de condensações da fáscia endopélvica, constituídos por músculo liso, nervos e vasos sanguíneos. A sua constituição diz-nos que são estruturas contrácteis ativas e desta forma tem um papel fundamental no suporte dos órgãos pélvicos. [4]

No pavimento pélvico estão envolvidos ligamentos que tem um papel fulcral no suporte visceral pélvico - os ligamentos uterosacral, os ligamentos cardinais, os ligamentos pubovesical, os ligamentos pubouretral e os ligamentos Anococcígeo (tabela 1). [9,14]

*Tabela 1 - Ligamentos do pavimento pélvico envolvidos no suporte das vísceras pélvicas*

ESTRUTURAS SUPORTADAS	LIGAMENTOS
<b>Vagina e útero</b>	Uterosacral Cardinal
<b>Bexiga</b>	Pubovesical
<b>Uretra</b>	Pubouretral
<b>Ânus</b>	Anococcígeo

Os ligamentos (figura 5) uterossacrais suspendem o ápice da vagina, surgem das vértebras sacrais e unem-se posteriormente ao anel cervical. Os ligamentos cardinais surgem do anel cervical. Os ligamentos pubovesicais são a estrutura principal de suporte da parede anterior da bexiga, uma vez que lhe conferem rigidez. Os ligamentos pubouretrais começam na parte inferior da superfície posterior da sínfise púbica e descem até se inserirem na uretra. O ligamento anococcígeo desloca-se desde o esfíncter anal externo até ao cóccix. [5,9,12]

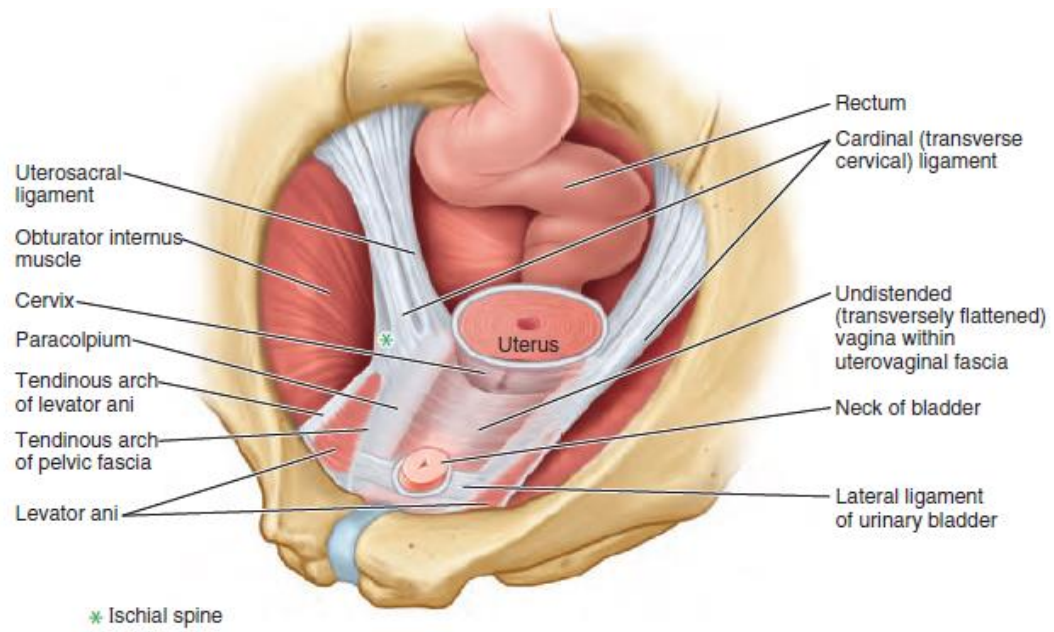


Figura 5 - Fásia e ligamentos pélvicos. [8]

## Capítulo 3

### Disfunções dos Órgãos Pélvicos

A posição normal dos órgãos pélvicos, tornando a sua função normal, deve-se essencialmente à integridade da estrutura do pavimento pélvico, à ação combinada das fâscias, ligamentos e músculos. Quando este sistema de suspensão e suporte sofre lesões, tornando-se mais fracas, levam a uma maior propensão de determinadas patologias pélvicas, tais como incontinência urinária, o prolapso dos órgãos pélvicos, a incontinência anal, e ainda as anomalias sensitivas do trato urinário inferior, disfunção defecatória, disfunções sexuais e as síndromes dolorosas relacionadas com os órgãos pélvicos.

A IU, o POP e IF são as disfunções mais conhecidas, com maior prevalência e que serão abordadas ao longo deste capítulo. [14,15,16]

#### 3.1. Incontinência Urinária

A IU é descrita pela Sociedade Internacional de Continência como um sintoma associado ao armazenamento de urina, em que há perda involuntária de urina. A incontinência ocorre quando a pressão vesical ou força expulsiva, excede a pressão uretral máxima.[17,18]

A perda urinária pode ocorrer de forma transitória, comumente associada a fatores como infeções urinárias, diabetes *mellitus* descompensada, fármacos, consumo de álcool, cafeína, distúrbios emocionais ou a obstipação. Nestas formas secundárias, o tratamento da causa subjacente torna reversível a incontinência.

Todavia para a larga maioria das mulheres, a sintomatologia da IU manifesta-se como uma doença crónica, com um início gradual e agravando progressivamente. Esta pode ser definida e subclassificada segundo os sintomas descritos pelos doentes e sinais observados. Existem vários tipos de incontinência urinária sendo as mais frequentes na mulher a

incontinência urinária de esforço (IUE), a incontinência urinária por urgência (IUU) e a incontinência urinária mista (IUM). [16,17]

Na IUE, a mulher perde pequenas quantidades de urina durante o movimento físico (exercício, espirro ou tosse). Esta perda involuntária de urina surge com o aumento da pressão intra-abdominal, na ausência de atividade contrátil do músculo detrusor e quando a pressão vesical excede a pressão uretral máxima.

A IUU caracteriza-se pela perda involuntária de urina acompanhada ou imediatamente precedida pela urgência de micar - este mecanismo ocorre com um desejo forte, súbito e incontrolável de urinar, tendo por consequência a contração inapropriada do músculo detrusor hiperativo durante a fase de enchimento.

A IUM manifesta-se através da perda involuntária de urina com urgência associada ao aumento da pressão intra-abdominal podendo ser durante o movimento físico (exercício, espirro ou tosse). [18,25,28]

### **3.1.1. Epidemiologia**

No que diz respeito à estimativa da prevalência da IU há uma grande variabilidade de resultados, dependendo dos diferentes tipos de definição, desenho e metodologia alvo de cada estudo epidemiológico. Todavia, através de vários estudos foi possível observar que a IU é um problema de saúde pública comum na população em geral, rondando valores entre 25% e 45%.

A prevalência de IU é mais elevada em determinados subgrupos da população. Vários estudos referem que as mulheres institucionalizadas em residências de terceira idade, mulheres grávidas e mulheres de raça caucasiana são as que estão mais propensas a este tipo de sintomatologia. [19]

### **3.1.2. Diagnóstico**

As pacientes com IU devem submeter-se a uma avaliação inicial (tabela 2) que deve incluir questionários adequados na consulta e testes específicos que comprovem o diagnóstico e descartem outras patologias associadas à IU, tais como a infecção urinária, fístula, divertículo uretral, perturbação neuromuscular e defeitos do suporte pélvico.

Para a abordagem diagnóstica e terapêutica da IU, a *International Urogynecological Association* desenvolveu *guidelines* que orientam a prática clínica desta patologia (quadro x). [21,29,30]

Tabela 2 - Avaliação inicial do diagnóstico da IU

<b>Medidas primárias</b>	Avaliação clínica inicial
	Medidas da qualidade de vida
	Diário miccional
	Teste de esforço
	Teste do penso
	Mobilidade da uretra
<b>Medidas secundárias</b>	Testes urodinâmicos
	Testes neurofisiológicos

### 3.1.2.1. Exames Físicos e complementares

Como complemento à avaliação inicial, devem ser realizados exames físicos que comprovem o diagnóstico prévio. Desta forma, devem ser feitos diversos testes, tais como exame abdominal, rectal e neurológico. A avaliação da bexiga em repouso e durante o esforço é fundamental para observação de perdas urinárias. Todavia, o exame neurológico permite avaliar a sensibilidade, a tonicidade do esfíncter e integridade do arco reflexo. [30,31]

Outros exames como testes laboratoriais (urina tipo II, urinocultura e citologia urinária) e bioquímicos permitem excluir outras patologias como infecções do trato urinário, diabetes, malignidades, entre outras. Ainda como complemento ao diagnóstico, podem ser aplicados os seguintes testes: Teste de *Bonney* (permite observar a perda de urina através da uretra através do ato de tossir), *pad test* ou teste do absorvente (permite quantificar as perdas de urina através de absorvente colocados junto ao meato uretral externo), *Q-test* (esta técnica permite observar o movimento de descida da uretra quando o paciente tosse ou realiza manobra de Valsalva), o volume de resíduo pós-miccional (mensurado via ultrassonografia ou cateter) e o estudo urodinâmico (utilizado nos casos mais duvidosos, esta avaliação tem como objetivo avaliar a falência terapêutica e procurar a disfunção miccional associada e avaliação pré-operatória). [22]



### 3.1.3. Tratamentos

O tratamento em causa vai depender do tipo e das causas da IU. Existem diversas opções terapêuticas (tabela 3), contudo os tratamentos são mais eficazes quando usados em conjunto. Estas opções terapêuticas podem ser divididas em tratamento conservador, farmacológico e cirúrgico. [33,34]

O tratamento conservador é uma opção terapêutica que não implica intervenção farmacológica ou cirúrgica. (tabela 3), desta forma este tratamento é indicado, de um modo global, a pacientes que manifestam IUE enquanto aguardam cirurgia, ou às que apresentam sintomas ligeiros que não justifiquem a intervenção cirúrgica, às que não pretendam ou tenham contra-indicações com sintomas de bexiga hiperativa ou IUM. Este tratamento simples e seguro tem como principal vantagem o baixo risco de efeitos adversos e não limitar outras opções terapêuticas subsequentes.

Tabela 3 – Quadro resumo dos tratamentos conservadores usados na intervenção da IU

Alterações do estilo de vida
Fisioterapia
Exercícios musculares do pavimento pélvico
<i>Biofeedback</i>
Digital
Visual
Pensos vaginais
Estimulação elétrica e magnética
Dispositivo anti incontinência
Produtos de prevenção ou contenção da incontinência
Medicinas complementares ou alternativas

As intervenções e alterações no estilo de vida podem ser recomendadas uma vez que estas medidas podem diminuir os sintomas de incontinência. Desta forma, a redução de peso em mulheres com obesidade, a diminuição de ingestão excessiva de líquidos, como a cafeína, redução dos esforços físicos, deixar de fumar, tratamento de doenças pulmonares e tosse, são algumas das possíveis medidas de intervenção.

A fisioterapia uroginecológica é considerada a primeira indicação de tratamento conservador para as patologias do pavimento pélvico, uma vez que reabilitam e fortalecem a musculatura do pavimento pélvico. Existem múltiplas técnicas, as mais abordadas são informação verbal (o paciente fornece informação relativamente à sua musculatura perineal. Estudos indicam que esta técnica é insuficiente a nível de quantificar a forma correta da perda de tónus muscular, todavia descreve a qualidade de vida do paciente), reeducação vesical (treinar intervalos de esvaziamento da bexiga entre as duas horas e meia e as três horas), treino dos MPP (este tratamento consiste em obter uma correta contração do levantador do ânus, primeiro sob controlo voluntário e posteriormente sob a forma de estímulos dos reflexos), *biofeedback* (neste método o paciente aprende a contração correta do pavimento pélvico. Esta técnica difere de acordo com o equipamento usado: *biofeedback* digital, *biofeedback* visual e inserção de cones vaginais com diferentes pesos), estimulação elétrica e magnética (através de estimulação elétrica do nervo pudendo, este método estimula os músculos do pavimento pélvico após a introdução de um eletrodo vaginal que permite o fortalecimento do músculo), dispositivos externos anti incontinência: dispositivos intra-uretrais descartáveis e dispositivos intravaginais (estes dispositivos tem como objetivo controlar a IU incluindo mecanicamente a uretra e/ou elevando e suportando o colo vesical), produtos de prevenção ou contenção de IU (pensos, fraldas e resguardos. Estes produtos absorventes são usados como medidas para prevenir ou controlar a IU) e medidas complementares e alternativas (meditação, hipnose, acupuntura tratamentos naturopáticos e ervas medicinais). [22,27,35,36,38,38,39]

A nível de tratamento farmacológico são diversos os agentes farmacológicos que têm sido aplicados para o tratamento da IU. Este tratamento tem como função aumentar a força de encerramento uretral, ao aumentar o tónus nos músculos liso e estriado da uretra. Os medicamentos mais usados são os estrogénios, agonistas  $\alpha$ -adrenérgico e antidepressivos tricíclicos. Mais recentemente tem-se aplicados os inibidores da recaptção da norepinefrina e da serotonina. [37]

Quando a intervenção conservativa e farmacológica não proporcionam alívio sintomático adequado, a cirurgia é frequentemente a única opção disponível para trazer maior qualidade de vida ao paciente. Existem inúmeras opções para a correção da IU (tabela 4).

Tabela 4 - principais categorias da cirurgia da IU

Cirurgia para a IUE	Colpossuspensão retropúbica	Colpossuspensão aberta
		Colpossuspensão laparoscópica
	Slings suburetrais	Tradicionais
		Slings (uretra média) sem tensão
	Agentes expansores da uretra	
	Esfíncter urinário artificial	
Cirurgia para IUU	Abordagens endoscópicas	Hidrodistensão ou hiperdistensão vesical
	Intervenção cirúrgica abertas	Cistoplastia de aumento
	Neuromodelação	

Estudos referem que não há consenso relativamente à escolha do tratamento cirúrgico, como tal a escolha do método mais adequado deve ser individualizada ao paciente. Na seleção do procedimento deve ser considerada a inclusão dos seguintes fatores: historial de cirurgias prévias de correção da incontinência, cirurgia concomitante de correção do POP, histerectomia, hiperatividade do detrusor associada, idade, obesidade, atividade física e doenças associadas. [23, 24]

### 3.2. Prolapso dos órgãos Pélvicos

De acordo com as recomendações do 4<sup>th</sup> *International Consultation on Incontinence* o prolapso dos órgãos pélvicos inclui o prolapso urogenital e prolapso rectal. O prolapso abordado será o primeiro e este consiste no relaxamento das estruturas de suporte do pavimento pélvico, resultando na protusão dos órgãos pélvicos na vagina ou ultrapassando o anel himenial para o exterior. Desta forma, define-se POP a descida de um ou mais compartimentos: a parede vaginal anterior (cistocelo central, paravaginal ou de combinação), a parede vaginal posterior (rectocelo), e o útero ou cúpula vaginal pós-histerectomia. [40,41]

### **3.2.1. Epidemiologia**

Devido à utilização de diferentes definições e classificações torna difícil a comparação de resultados, desta forma a disponibilidade de dados é limitada. Dos poucos estudos relativamente à prevalência, pode-se afirmar que o prolapso mais frequente ocorre no compartimento anterior, seguido do compartimento posterior e por fim do compartimento apical. A prevalência aumenta com a idade, sendo os valores mais elevados nas mulheres caucasianas comparativamente às mulheres africanas ou asiáticas.

Outros dados referem que o POP é comum, afetando 50% das mulheres múltiparas, o mesmo não se mostra nas mulheres nulíparas, afetando apenas 2%. Outros estudos referem que em qualquer fase da vida, 11% das mulheres vão ser submetidas a cirurgias para correção do POP, com taxa de recuperação até 30%. [19,41,45]

### **3.2.2. Diagnóstico**

Como qualquer outra doença, a avaliação do paciente para subsequente diagnóstico começa na definição da sua história clínica, extraindo a natureza e gravidade dos seus principais sintomas e queixas. Desta forma é fundamental perceber a gravidade e avaliar o incómodo dos sintomas do POP, urinários, anorretais, genitais e sexuais, dando mais destaque à sensação de peso pélvico, desconforto ou dor abdominal, pélvica, vaginal, perineal ou lombar, sensação de corpo estranho intravaginal ou em exteriorização vulvar, urgência miccional, incontinência urinária, retenção urinária, incontinência anal ou incompleto esvaziamento intestinal, dificuldade nas relações sexuais, bem como outros sintomas. Deve-se, também pesquisar a existência de fatores causais da patologia. [42,43]

#### **3.2.2.1. Exames Físicos e Complementares**

Como foi referido anteriormente, os exames físicos deverão definir e quantificar a gravidade do defeito máximo do suporte anatómico, avaliar os defeitos dos sítio-específicos (uretra, vagina, períneo e o esfíncter anal), avaliar a coexistência da IU, avaliar a função muscular pélvica e determinar a presença de úlcera do epitélio ou mucosa vaginal.

Outro exame, o *Pelvic Organ Prolapse Quantification*, padronizado pela *International urogynecological Association* e pela *International Continence Society*, mede as posições das estruturas vaginais em relação ao anel himenial. Este exame é feito durante a manobra de esforço, utilizando um espéculo com uma só valva ou um pá de um espéculo de *Collins*. Em comparação ao anel himenial é possível avaliar diferentes estádios. [43]

### 3.2.3. Tratamentos

O tratamento tem por objetivo primordial recuperar a anatomia normal e funcional, todavia esta recuperação depende dos diversos sintomas apresentados, da sua interferência na qualidade de vida, dos sinais físicos e das condições associadas. Desta forma, as opções terapêuticas incluem tratamentos conservadores e cirúrgicos.

O tratamento conservador é habitualmente aplicado em mulheres com um grau ligeiro de prolapso, que desejem ter filhos, debilitadas ou que não tencionam realizar cirurgia. Este tratamento inclui impedir o agravamento do prolapso, ajudar no alívio da sintomatologia e adiar a necessidade cirúrgica. [46,47]

As alterações no estilo de vida procuram evitar o agravamento do prolapso e diminuir a pressão intra-abdominal. Desta forma é importante perder peso em caso da doente ser obesa, reduzir as atividades que exacerbam o prolapso e tratar a obstipação.

O recurso a fisioterapia, nomeadamente, os exercícios do pavimento pélvico podem fazer parte dos tratamentos a aplicar na correção do POP

Aplicação de dispositivos como anéis e pessários são outra forma de tratamento. Estes dispositivos são inseridos na vagina, suportando o prolapso e podendo, desta forma, proporcionar alívio sintomático.

Para aplicação da cirurgia, vários aspetos devem ser tido em consideração: a validação dos resultados cirúrgicos, seleção da via cirúrgica dos procedimentos, a eficácia dos procedimentos, efeitos associados. Existe uma vasta variedade de procedimentos cirúrgicos, todavia estes podem ser divididos em duas categorias: cirurgia reconstrutiva e cirurgia obliterativa. A primeira tem como objetivo otimizar a anatomia e a função, a segunda é reservada essencialmente a mulheres que concordam com um encerramento vaginal. [48,19]

### 3.3. Incontinência Fecal

A IF é definida como passagem involuntária ou incapacidade de controlar a perda de matéria fecal, incluindo gases, através do ânus. Clinicamente existem três subtipos: IF passiva, na qual há descarga involuntária e inconsciente de fezes ou gases, IF de urgência, na qual ocorre descarga de matéria fecal apesar das tentativas ativas para reter os conteúdos intestinais e *fecal soiling* onde há perda de fezes após evacuação normal. A gravidade da incontinência pode variar desde a eliminação não intencional de gases, a perda de matéria fecal líquida até a evacuação completa do conteúdo intestinal.

Em termos etiológicos, a IF pode ser dividida em quatro categorias (tabela 5): danos do esfínger, alterações das características das fezes, distúrbios neuromusculares, alterações da *compliance* e sensibilidade retal. [50]

Tabela 5 - Etiologia da IF

<b><i>Categoria</i></b>	<b><i>Etiologia</i></b>
<i>Esfínter</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parto vaginal, cirurgia anorretal, cancro aal ou reto, malformações anorretais</li> </ul>
<i>Fezes</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diarreia: diarreia infecciosa, abuso de laxantes, enterite rádica, síndrome do intestino curto</li> <li>• Obstipação: alimentação, medicamentos obstipantes, demência</li> </ul>
<i>Neurológicas</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neuropatia do pudendo, DM, lesões da medula espinhal, neuropatia do pudendo, esclerose múltipla, doenças congénitas (meningocelo, mielomenigocelo) distúrbios SNC (AVC, trauma, infeções, tumores)</li> </ul>
<i>Reto</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prolapso retal, neoplasias retais, fístulas anais, proctite rádica, agenesia retal, malformações anorretais</li> </ul>

A incontinência surge geralmente após uma lesão traumática esfínteriana, sendo raros os casos de etiologia congénita, quer por agenesia ano-rectal ou por meningomielocelo. Na mulher predomina o trauma obstétrico, podendo existir lesões esfínteriana em 35% das parturientes após parto normal, embora só em menor percentagem surjam sintomas de incontinência. O trauma perineal com fratura da bacia pode também condicionar graves lesões esfínterianas ou nervosas. Outras situações clínicas como ausência de distensibilidade retal, proctite ulcerativa, proctite rádica ou de prolapso retal, bem como patologias – diabetes,

esclerose múltipla ou demência, podem condicionar o aparecimento de incontinência. [54,55,64]

### 3.3.1. Epidemiologia

Apesar de não ser uma doença fatal é bastante incapacitadora e, envolve os doentes numa grande ansiedade e vergonha. Diferentes estudos fazem referência à difícil avaliação da prevalência desta patologia na população, todavia dados indicam-nos que 1,4 a 20% das pessoas afetadas pertencem ao grupo com idade superior a 40 anos, 2% a 17% das pessoas que vivem a nível comunitário e cerca de 20% dos institucionalizados.

Outros estudos clínicos têm demonstrado que a incontinência fecal é mais frequente no sexo feminino, contudo em vários trabalhos epidemiológicos não se confirmou existir essa diferença nos dois sexos. [19,61]

### 3.3.2. Diagnóstico

A avaliação é importante de maneira a que a história clínica seja detalhada, abordando as suas possíveis causas e a frequência, severidade e duração dos episódios, bem como o impacto na qualidade de vida do doente, incluindo a capacidade deste sair de casa para o trabalho ou para atividades sociais. Este deve também ser questionado sobre a existência de outros sinais/sintomas abdominais, doenças sistêmicas conhecidas, procedimentos anorretais locais como hemorroidectomia, partos vaginais, medicação e dieta. O médico deverá ter ainda em conta que a IF pode ser secundária a outras condições patológicas. [51,52,56,60]

*Tabela 6 - Informações a obter durante a história clínica do doente com IF*

- 
- Data de início e fatores precipitantes
  - Duração e severidade
  - Consistência das fezes e urgência
  - Co morbididades/cirurgias prévias/incontinência urinária/ lesões vertebrais
  - História obstétrica. Fórceps, ventosas, apresentação do feto
  - Fármacos, cafeína, dieta
  - História de impação fecal
-

### **3.3.2.1. Exames Físicos**

Os exames físicos permitem complementar o diagnóstico inicial feito. Estes devem ser detalhados e dirigidos aos vários sistemas, uma vez que a IF pode ser secundária a doenças sistêmicas ou neurológicas. Desta forma, fazem parte dos principais exames: inspeção ao períneo (no qual se procura encontrar presença de matéria fecal, hemorroidas, dermatites, escoriações, cicatrizes, defeitos musculares, existência de um gap anal ou a ausência das rugas perianais), exame neurológico (nomeadamente a sensibilidade perianal e os reflexos cutâneos anais), exame digital do reto (no qual é possível ter a percepção do tônus dos esfíncteres interno e externo, do comprimento do canal anal do ângulo anorretal, da força do músculo anal e da elevação do peritoneu durante a contração voluntária), protoscopia e rectossigmoidoscopia. [51]

### **3.3.2.2. Exames complementares**

Os exames complementares, como o nome indica, complementam a avaliação clínica e permitem uma avaliação objetiva, ajudando a fazer um diagnóstico mais preciso da causa da incontinência. Esta investigação adicional pode ser útil para determinar défices, através de medidas objetivas da função do esfíncter anal, determinar potenciais candidatos a reparação cirúrgica ou outros tratamentos, através de imagiologia e medidas da função neuromuscular. Desta forma, é importante começar por identificar se a incontinência é secundária à diarreia. Se assim for, pode ser útil efetuar proctoscopia, colonoscopia, testes a fezes e mesmo testes respiratórios para despistar outras patologias. Outros exames são teste de infusão salina (neste método são infundidos no reto 1500mL de uma solução salina. Os indivíduos que apenas tolerem 500mL são identificados como incontinentes), manometria anorretal (este teste vai permitir uma quantificação objetiva da função dos esfíncteres anais, dos reflexos anorretais e da sensibilidade e *compliance* retais. Este exame ao providenciar valores objetivos das pressões anais em repouso e durante a contração voluntária, pode corroborar os achados dos exames físicos), técnicas de electrossensibilidade da mucosa anal (este teste permite testar a sensibilidade do canal anal através da introdução de um eléctrodo no canal anal) testes de sensibilidade térmica (através de alterações de temperaturas permite perceber a sensibilidade do canal anal.), imagiologia do canal anal (ecografias endoanais, defecografia e ressonância magnética) e técnicas de electroestimulação nervosa. [52,63]



### 3.3.3. Tratamentos

O tratamento do distúrbio deve ser tanto quanto possível orientado para a causa e sempre focalizado no doente como ser individual, usando um conjunto de estratégias.

Na maioria dos doentes com sintomas ligeiros, a modificação dos hábitos alimentar é suficiente para o tratamento da incontinência. Uma dieta equilibrada, rica em fibras e fluidos é essencial.

Existem fármacos que podem ser benéficos para o doente: agentes formadores de volume (são fibras naturais ou sintéticas que diminuem a frequência da defecação e perda de fezes), os agentes antidiarreicos como loperamida, codeína, difenoxilato com atropina e a amitriptilina (melhoram o tónus do esfíncter anal e a *compliance* retal), injeções diretas no esfíncter (aplicadas em situações como esclerose do esfíncter interno e na diminuição da pressão de repouso do esfíncter anal), fármacos que aumentam a função do esfíncter e desimpactação fecal.

O tratamento através de fisioterapia tem trazidos grandes benefícios, uma vez que estabilizam o pavimento pélvico e o esfíncter. O treino dos músculos do pavimento pélvico aumenta a sua força e resistência. Outra técnica usada é *biofeedback*. Este método pretende que o doente reconheça o seu limiar sensitivo, aprenda a coordenar o processo de defecação e exercitar o esfíncter.

A neuromodelação, através da estimulação do nervo sagrado e estimulação percutânea do nervo tibial são outras técnicas possíveis para o tratamento da incontinência. São técnicas minimamente invasivas e com indicações amplas, tornando-as muitas vezes a primeira opção como tratamento. Esta técnica fornece corrente elétrica de baixa frequência aos respetivos nervos através de um eléctrodo inserida através da pele do tornozelo. Quando estimuladas, as fibras transmitem estes impulsos ao complexo nervoso, providenciando uma via de neuromodelação do reto e esfíncteres anais.

Geralmente os pacientes que apresentam queixas severas de IF não obtém melhoria clínica significativa com as medidas antes referidas. Impõe-se a necessidade de equacionar as opções cirúrgicas como reparação do esfíncter, neo-esfíncteres (transposição muscular dinâmica, esfíncteres artificiais) e colostomia. [53,58,59,62]

## Capítulo 4

### Biomecânica da Cavidade Pélvica

Entende-se biomecânica como a aplicação dos princípios gerais da mecânica no estudo dos seres vivos. Assim sendo podemos dividir a biomecânica em externa, que representa os parâmetros de determinação quantitativa ou qualitativa referentes à mudança de lugar de posição do corpo, e interna, que se dedica à determinação das forças internas e suas consequências. A biomecânica dedica-se ao estudo das interações dos diversos corpos, sejam eles rígidos ou articulados, com o meio envolvente, como por exemplo a existência de forças gravíticas. [65,66] Com isto é então possível realizar análises com base nos princípios mecânicos utilizando meios computadorizados (figura 6). Assim sendo a evolução na biomecânica permitiu desenvolver um modelo da cavidade abdomino-pélvica da mulher e explorar patologias associadas ao mesmo, tais como IU e IF. Para melhor entender o problema da incontinência urinária e incontinência fecal é necessário entender o funcionamento do sistema urinário e digestivo no seu geral.

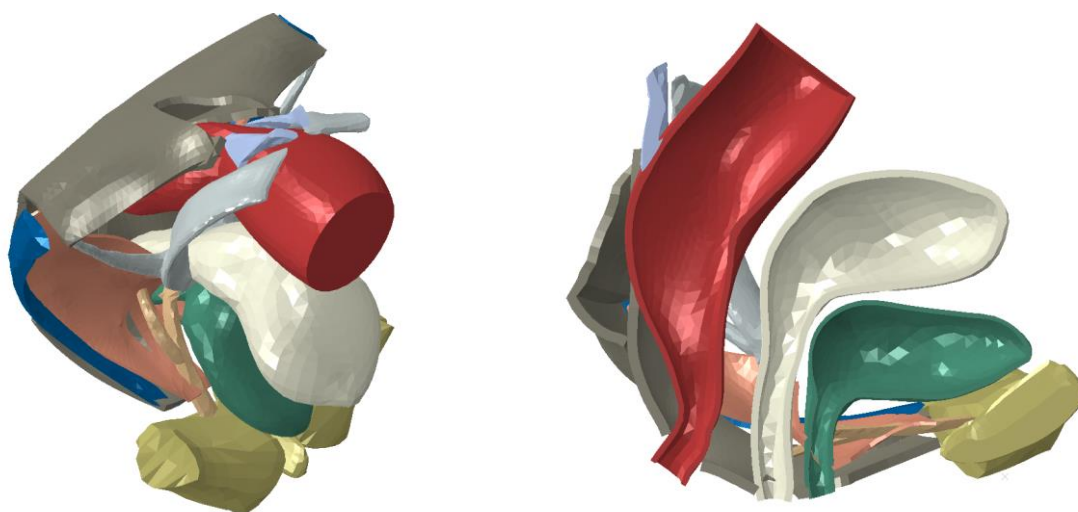


Figura 6 - Modelo da cavidade abdomino-pélvica.

## **4.1. Dinâmica dos órgãos suportados pelo pavimento pélvico**

### **4.1.1. Dinâmica da uretra**

O sistema urinário não é mais que um conjunto de órgãos responsáveis pela criação, armazenamento e eliminação de urina. Tudo começa com a entrada de sangue pela artéria renal nos rins, onde o sangue vai ser filtrado. O sangue filtrado vai ser então acumulado no interior de uma cápsula, onde em seguida o sangue não oxigenado vai sair pela veia renal, enquanto o filtrado vai ser enviado para a bexiga através do ureter. Por fim a urina vai ser lançada na uretra onde vai ser eliminada.

A uretra é então o canal que conduz a urina da bexiga para o exterior do organismo, e o seu esfíncter permite que o ato de urinar seja um ato voluntário e controlado. Os MPP desempenham o papel de suporte e manutenção dos órgãos do pavimento pélvico, assim como controlam a abertura e fecho da uretra e do ânus. O pavimento pélvico é então constituído por dois músculos pares, o MLA e o músculo coccígeo, os quais formam um diagrama muscular na qual repousam os órgãos. O MLA vai estar por sua vez dividido músculo pubococcigeo e músculo iliococcigeo. O músculo pubococcigeo sustenta a uretra e possibilita que o músculo levantador do ânus mantenha a uretra fechada, impedindo assim a incontinência.

Durante a micção verifica-se a inexistência de força exercida pelo pubococcigeo, permitindo então que o levantador do ânus abra a via urinária. [67]

### **4.1.2. Dinâmica anorretal**

O sistema digestivo é o responsável por retirar dos alimentos os nutrientes necessários ao bom funcionamento do organismo. O processo começa na boca com a trituração dos alimentos, passa pela faringe e esôfago que transporta o bolo alimentar até ao estômago onde este vai ser digerido. Em seguida o bolo alimentar vai passar pelo intestino delgado e pelo intestino grosso onde vai haver a absorção dos alimentos e da água ingerida. O processo termina com a acumulação de fezes no reto, e com a sua consequente libertação pelo ânus.

Assim sendo no processo de abertura e fecho retal, vão estar envolvidas forças que são diretamente responsáveis pela evacuação fecal. Estas forças são resultantes de movimentos do MLA, músculo transverso profundo e pubococcígeo. [67]

### 4.1.3. Manobra de Valsalva

As perdas involuntárias de urina podem ser evidentes quando o doente tosse ou faz esforço abdominal – Manobra de Valsalva (figura 7). Inventada pelo Dr. Antônio Valsalva, a manobra de Valsalva é uma técnica que consiste em tentar exalar ar com a boca e o nariz fechado. A intenção inicial de Valsalva era a de tentar criar uma forma de expulsar o pus do ouvido médio. A verdade é que esta manobra cria um elevado aumento da pressão dentro da cavidade intratorácica e da cavidade intra-abdominal. De um modo geral, o aumento da pressão vai levar a uma descida do pavimento pélvico, uma reorganização da uretra, vagina e útero, levando a que o reto possa ser comprimido e ocorrendo uma obstrução da saída das fezes. [68]

A manobra de *Valsalva* é usada nos *Pad-test* como método de avaliação de deficiências urinárias. O *Pad-test* permite medir a quantidade de urina perdida através de uma pesagem antes e depois de efetuar a manobra de *Valsalva*. [3]

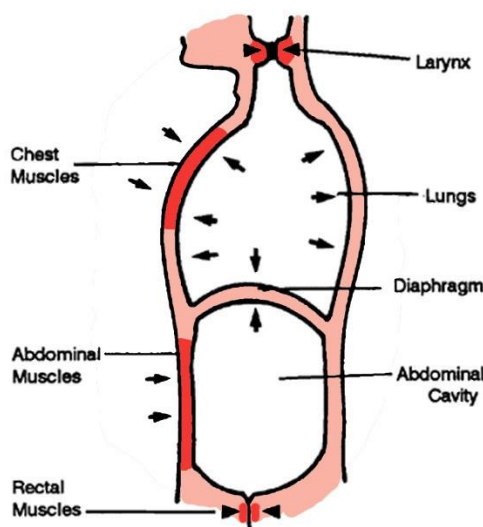


Figura 7 - Esquema representativo do modelo de Valsalva.

## 4.2. Modelação da cavidade pélvica

Para a obtenção de um modelo experimental, é necessário definir a geometria da estrutura, que neste caso é a cavidade abdomino-pélvica. Através da obtenção de imagens de ressonância magnética (figura 8) e de medições reais a órgãos, foi possível modelar a cavidade pélvica de uma forma bastante aproximada, com a ajuda de *softwares* específicos como o *Inventor*, *Solidworks*, entre outros. Através de autopsias a órgão reais foi possível determinar informações sobre os constituintes materiais dos músculos, como tamanho das fibras e orientações. [69] Em seguida com o *software ABAQUS* e com as técnicas dos elementos finitos, é possível obter dados sobre o estado de deformação e tensão, resultantes de pressões exercidas na cavidade pélvica. O *ABAQUS* permite ao utilizador modelar ou importar modelos em *CAD* e permite simular e analisar os modelos com uma *interface* gráfica 3D de grande detalhe. [70]

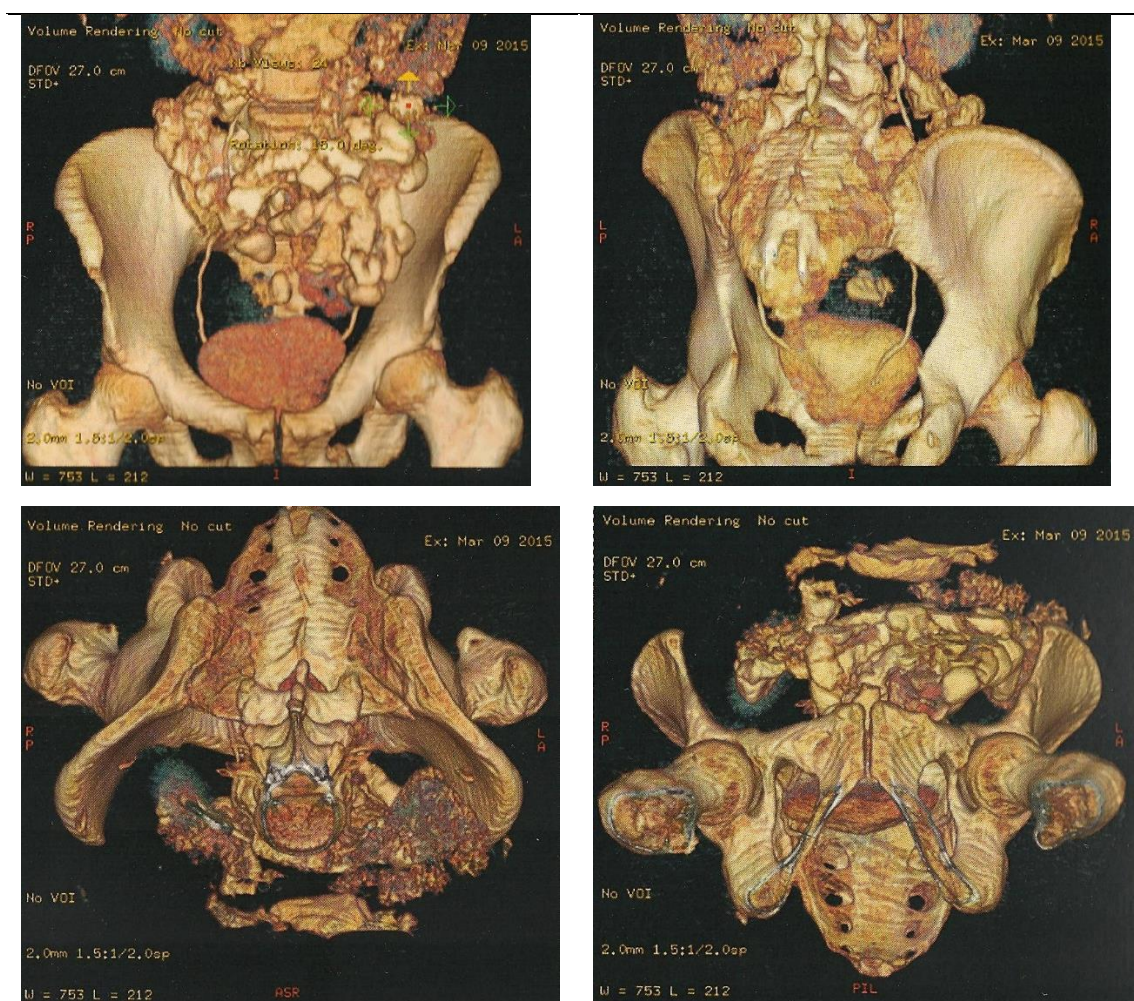


Figura 8 - Imagens em 3D dos diferentes planos da cavidade pélvica.

### 4.2.1. Método dos Elementos Finitos

O MEF é uma análise matemática que consiste em discretizar um meio contínuo em pequenos elementos, mantendo as mesmas propriedades que o meio original. Estes elementos vão ser descritos por equações diferenciais e resolvidos por modelos matemáticos. Este método tem a capacidade de modular facilmente estruturas e indiretamente quantificar o seu comportamento mecânico e pode usado em várias como as ciências exatas ou mesmo na biologia. [1]

No MEF o sistema a analisar é dividido em áreas planas (triangular, quadrangular, entre outras), em função do tipo e dimensão (uni-dimensional, bi-dimensional ou tri-dimensional). Estas áreas planas vão estar ligadas entre si através de nós, que fazem a ligação entre elementos formando uma malha (figura9). Cada nó possui um numero definido de graus de liberdade que caracteriza a forma como o nó se irá deslocar no espaço (X, Y e Z) e qual a informação a passar aos restantes elementos. Com isto é possível a aplicação de um sistema de forças em qualquer ponto ou direção, sendo assim possível a obtenção de informações sobre o deslocamento e o grau de tensão provocado pelas cargas. [2]

A formulação do MEF pode ser baseada em método dos deslocamentos, modelos de equilíbrio, ou em métodos híbridos e mistos. Porém o método dos deslocamentos é o que apresenta maior simplicidade e versatilidade e por isso é o mais utilizado. Esta requer a existência de uma equação integral de modo a ser possível substituir o integral sobre um domínio complexo por um somatório de integrais estendidos a subdomínios de geometria simples. [1]

Assim é possível afirmar que a precisão de uma solução aumenta com o aumento do número de elementos em que o sistema é dividido, porém o tempo de análise computacional aumenta.

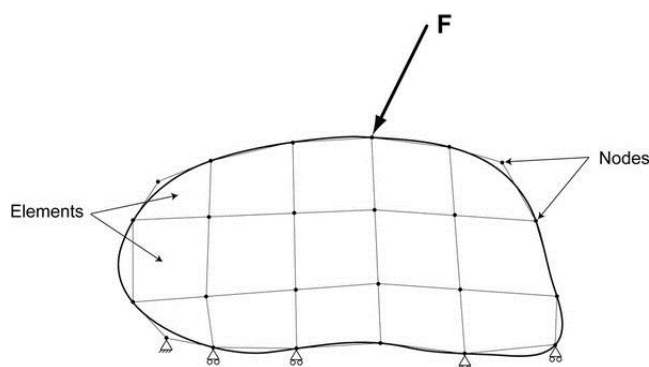


Figura 9 - Malha de elementos finitos para um problema bidimensional.



O *ABAQUS* como referido anteriormente é um *software* que permite analisar facilmente modelos por meio do MEF (figura 10). O seu menu é bastante iterativo e assim sendo quase todas as operações necessárias encontram-se logo abaixo na árvore de processos. Assim sendo para simular um modelo é necessário:

- Modelar ou importar o modelo *CAD*;
- Definir o material de cada componente;
- Fazer a montagem do modelo, criando instâncias entre componentes;
- Aplicar condições de fronteira ao modelo;
- Aplicar cargas à montagem;
- Transformar a montagem numa malha;
- Submeter para análise.

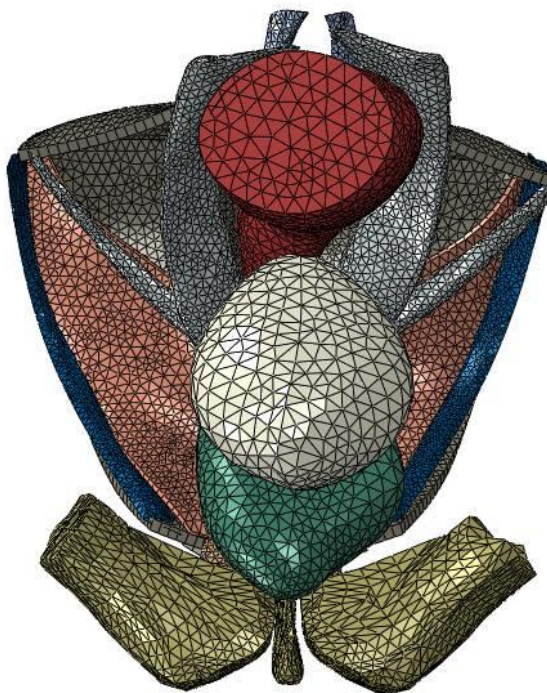


Figura 10 -Malha do modelo da Cavidade em estudo.

#### 4.2.2. Simulação – Software Utilizado

O *ABAQUS* é um *software* de análise por meio dos MEF desenvolvido nos E.U.A., e consiste em três produtos principais: *ABAQUS/Standard*, *ABAQUS/Explicit* e *ABAQUS/CAE*. O *software ABAQUS/CAE* é uma solução completa de modelação, simulação e visualização por

meio do MEF, e permite criar rapidamente uma análise, graças à sua intuitiva interface de modelação. Para além disso este *software* permite a importação de modelos *CAD* de outros softwares, sendo que os seus resultados permitem uma análise de grande nível de detalhe. [71]

### 4.2.3. Estudos anteriores na área

O uso da biomecânica tem sido importante no estudo dos MPP, e representam cada vez mais uma ferramenta útil no futuro para o estudo de diferentes patologias. Torna-se então importante antes de mais perceber os avanços que já foram feitos nesta área, de maneira a que o estudo seja mais uma continuação do trabalho já desenvolvido, e não uma repetição do mesmo. Segundo Andrade, R. et são já vários os estudos na área, de elevado interesse para o estudo em causa. [5]

Em 2003 Janda et al utilizou medições com imagens de ressonâncias magnéticas para modelar os músculos da cavidade pélvica (figura 11), assim como para descrever a geometria das fibras musculares para uma análise em geral. [72]

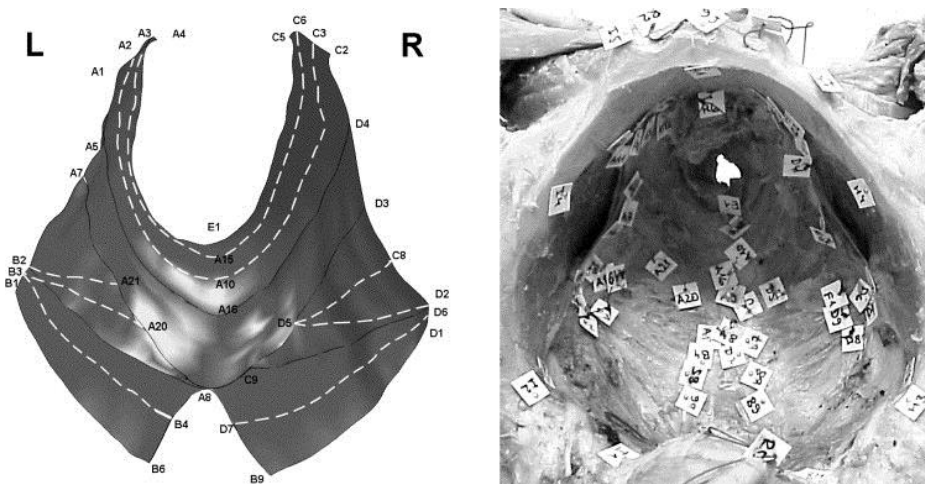


Figura 11 – Descrição simplificada de determinadas partes de músculo.

Parente et al conclui em 2009 que durante um parto, MLA e o pubococcígeo são os que sofrem mais *stress* e tensão, e como tal apresentam um risco elevado de lesão. O teste foi feito através da simulação da passagem do feto pela vagina (figura 12), onde para além das malhas das estruturas esqueléticas e do feto, foram adicionadas novas malhas que representam a ligação entre os músculos do pavimento pélvico e cóccix, e outra representando o tecido conjuntivo. [73]



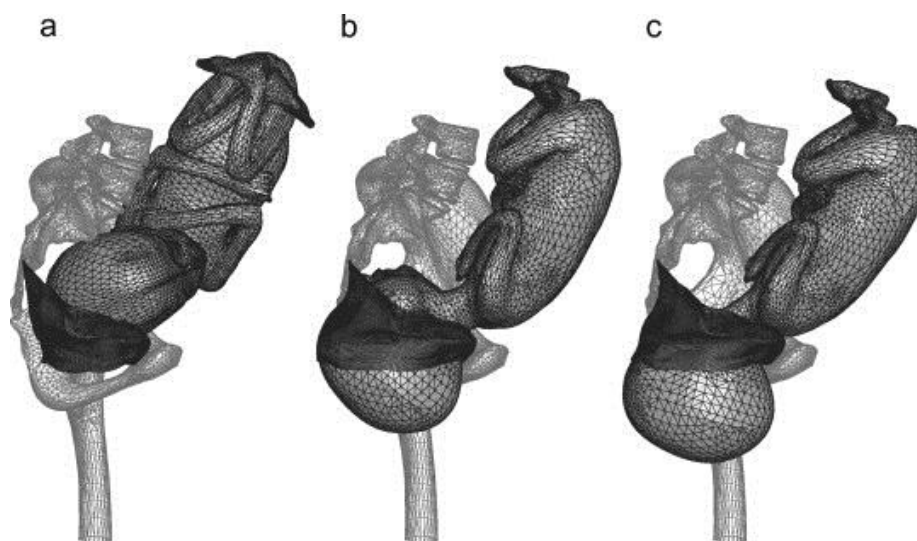


Figura 12 – Posição inicial do feto e a sua posição de uma deslocação vertical da cabeça fetal de 60 a 90 mm.

Por seu lado, em 2004 Pool-Goodzwaard und et al concluiu que nas mulheres, os MPP têm a capacidade de aumentar a rigidez do anel pélvico e como tal, esses músculos originam uma rotação do fundo do sacro nos dois sexos. De realçar que no sexo masculino, não se registaram grandes alterações, concluindo que as uniões do sacro são mais móveis na mulher. [74]

Em 2012 Yip et al demonstrou a importância da força dos músculos pélvicos para suporte vaginal e continência urinária (figura 13), assim como os benefícios do fortalecimento dos músculos pélvicos em pacientes com IU, no denominado exercício *Kegel*. Este estudo é de elevada importância pois permite perceber que a origem da incontinência urinária em atletas não se deve ao excessivo desenvolvimento dos MPP, mas sim ao dano causado por possíveis impactos violentos por exemplo, ou devido a outras causas ainda inexplicáveis, e realça a importância dos músculos da cavidade pélvica no suporte da continência urinária. [75]

Rao et al estudou em 2010 o movimento da bexiga, vagina e útero à medida que as cargas aumentam, e concluiu que estes se movem para baixo verticalmente, sendo que o *stress* máximo ocorre na fronteira da vagina e do reto. Rao diz ainda que o *stress* máximo é de 0,2 MPa com cinco pares de ligamentos e 0,5 MPa com oito pares de ligamentos. [76]

Em 2006 Chen et al concluiu que o comprometimento dos suportes muscular e apical da parede vaginal anterior, pode provocar prolapso urinários. [77]

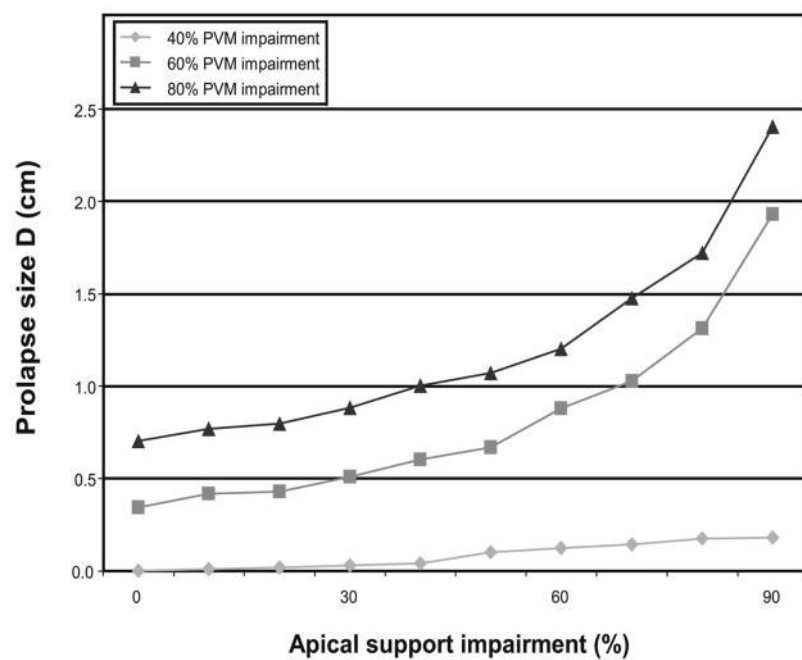


Figura 13 – Gráfico descritivo do tamanho da parede vaginal em função de diferentes danos no músculo pubocervical.

## Capítulo 5

### Simulação da Biomecânica da Cavidade Pélvica

#### 5.1. Construção do modelo tridimensional da cavidade pélvica da mulher

O modelo tridimensional (figura 14) utilizado foi desenvolvido por Arteiro et al na área, e redimensionado pela aluna Ana Rita Silva [81] na realização da sua dissertação, de modo a obter dimensões mais próximas da realidade na qual foram adicionadas inclusive as principais estruturas de suporte como é o caso dos músculos, fásia e ligamentos (figura 15), e segundo a autora, os desenhos geométricos da vagina, útero, reto e musculo levantador do ânus foram baseados no *VisbleBody 3D Human Anatomy*. [78]

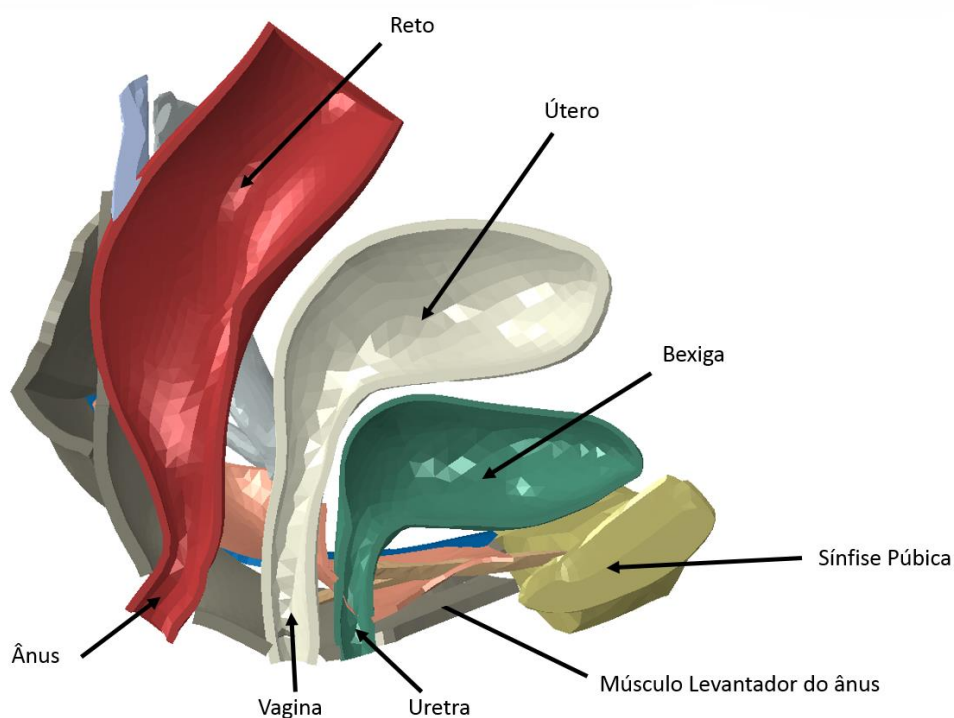


Figura 14 - Órgãos presentes no modelo da cavidade pélvica.

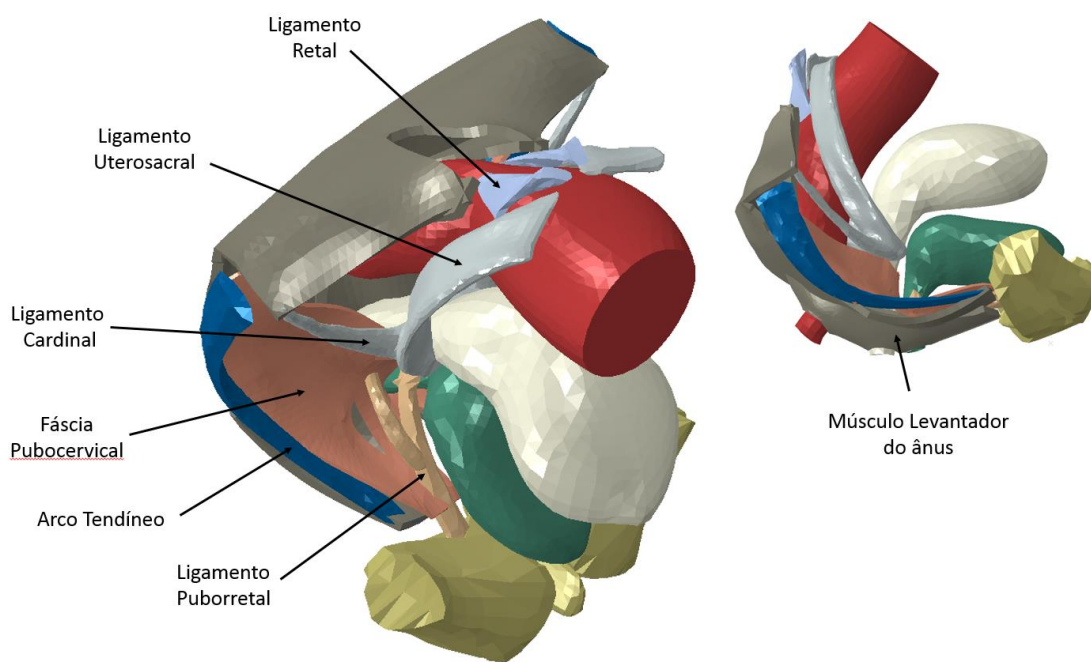


Figura 15 - Elementos de sustentação e proteção dos órgãos da cavidade pélvica.

## 5.2. Propriedades dos Materiais

Uma escolha correta das propriedades dos materiais dos diferentes órgãos vai permitir obter um modelo mais fidedigno e consequentemente permite obter resultados mais próximos da realidade. Assim sendo e graças a muitas investigações na área, foi possível cruzar informações e avaliar o comportamento dos materiais através do *ABAQUS*, quando este é submetido a testes uniaxiais, para os diferentes modelos construtivos. Com isto foi possível obter valores de referência de tensão nominal para cada material. [79]

As propriedades dos materiais são um ponto importante nesta dissertação, visto que é neste ponto que se consegue jogar com o reforço ou fraqueza muscular. Sabendo à partida que o enfraquecimento dos órgãos de suporte pélvico são uma das causas de incontinência urinária, procedeu-se à provocação de dano nos músculos, fásia e ligamentos, assim como o inverso, através de uma melhoria destes órgãos. As melhorias e danos foram na ordem dos 25%, 50% e 75%.

### 5.3. Condições de Fronteira

As condições de restrição correspondem a um passo importante na resolução de métodos numéricos, principalmente em problemas com materiais com comportamento não linear, e incluem as condições de fronteira, contactos mecânicos e superfícies solidárias. [80] Assim no modelo estão presentes condições de fronteira nos nós correspondentes ao músculo levantador do ânus, nos ligamentos pélvicos e no osso púbico, e estas têm como função limitar os movimentos dos diferentes constituintes do modelo aos movimentos que são permitidos às estruturas anatómicas correspondentes. As condições fronteiras definidas foram  $U_x=U_y=U_z=0$  e  $R_x=R_y=R_z=0$  em que  $U_i$  é o deslocamento do nó segundo a direção  $i$ , e  $R_j$  representa a rotação do nó segundo  $j$  (restrições em translação e rotação). [81] Outro aspeto importante é garantir que quando a pressão é aplicada, os órgãos não entrem uns dentro dos outros, e para isso é preciso criar restrições e contactos. No *ABAQUS* é possível definir os pares de superfícies ou de conjuntos de nós e superfícies que apresentam contacto entre si, através de uma interação *Small-sliding* – o contacto entre superfícies sofre um deslocamento pequeno entre si - ou *Finite-sliding* – deslocamento maior no contacto entre superfícies. Com isto é possível diferenciar os contactos órgão-órgão com o contacto órgão – osso. [82]

### 5.4. Carregamentos

Na IC, as perdas de urina ocorrem quando existe um aumento de pressão dentro do abdómen – os doentes não perdem urina se estiverem quietos e sem realizarem esforços. (artigo diagnostico da incontinência urinária feminina). Uma das prováveis causas para a ocorrência de incontinência urinária nas mulheres, era a prática de desportos de impacto que consequentemente provocavam dano nalguns órgãos de suporte pélvico. Assim sendo as elevadas alterações da pressão na cavidade abdominal estão diretamente relacionadas com o dano nas estruturas de suporte. Logo, no modelo foram testados vários carregamentos, que permitem comparar diferentes situações, para vários estados dos órgãos de suporte. A localização da pressão é predominantemente pela parte superior dos órgãos, onde estes encontram superfícies exposta. As pressões foram então aplicadas nas partes superiores dos músculos iliococcigeo puborretal, fáscia pubocervical, bexiga, útero e reto.

As pressões intra-abdominais (figura 16) variam consoante o movimento ou atividade que se está a praticar. Uma pessoa que se encontre deitada e em repouso, vai sofrer pressões intra-

abdominais mais baixas do que uma pessoa que esteja de pé e em movimento por exemplo. A tabela 17 enumera algumas das pressões atribuídas a cada atividade.

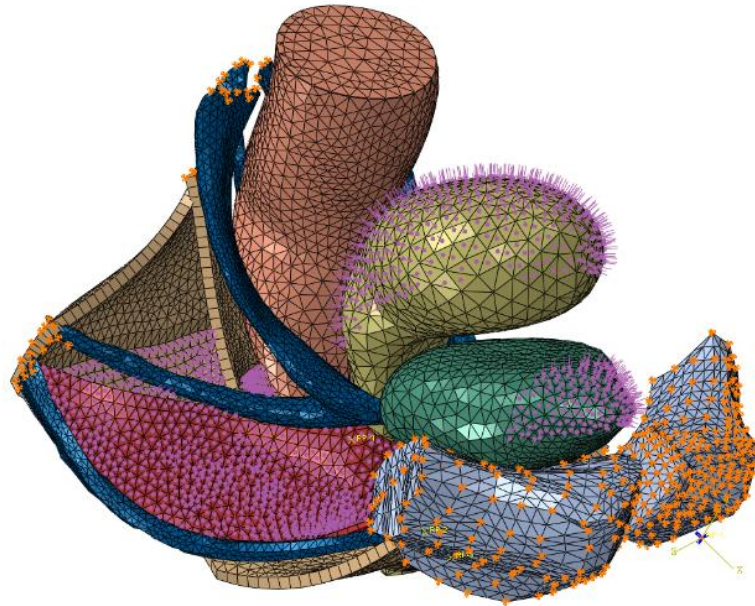


Figura 16 – Conjunto de pressões intra-abdominais aplicadas no modelo.

**Range of Maximum Pressures Generated for Each Maneuver among the 20 Subjects**

Maneuver	Minimum (mm Hg)	Maximum (mm Hg)	Mean (mm Hg)	SD
Supine	-1	6	1.8	2.2
Standing	15	27	20.0	3.8
Sitting	10	21	16.7	2.9
Stairs	40	110	68.9	17.4
Abdominal crunch	7	47	26.7	10.7
Bend at waist	6	30	14.4	5.3
Bend at knees	14	30	20.6	4.4
Cough	40	127	81.4	25.6
Standing cough	64	141	107.6	23.0
Valsalva	20	64	39.7	11.0
Standing Valsalva	32	116	64.9	22.0
Jumping	43	252	171	48.4
Bench press	2	34	7.4	7.3
Arm curl	17	37	25.5	6.0

SD = standard deviation.

Figura 17 -Valores de pressões intra-abdominais associados a cada atividade.

No modelo foram testadas quatro pressões, cada uma delas atribuída a cada um dos quatro steps descritos na tabela 7:

*Tabela 7 - Pressão intra-abdominal aplicada em cada step*

<i>Step</i>	<i>mm Hg</i>	<i>MpA</i>
<i>1</i>	1,8	0,000239
<i>2</i>	16.7	0,002226
<i>3</i>	20	0,002666
<i>4</i>	30	0,004

## **Capítulo 6**

### **Resultados e Discussão**

#### **6.1. Modelo a 100%**

Numa primeira fase, o modelo foi testado para um conjunto de ligamentos, músculos e fáscia a 100%, ou seja, o semelhante a uma pessoa comum, sem doenças e que não pratica desporto de alto impacto.

Analisando os gráficos da figura 18 é possível verificar que devido às forças se encontrarem sobretudo na parte superior dos órgãos, estes apresentam um deslocamento na direção negativa de Y (direção inferior). Assim sendo o útero foi o que registou maior deslocamento, com valores positivos de X a rondar os 8 mm e valores negativos Y (direção inferior) de 15 mm, enquanto a vagina se deslocou 0,54 mm em X e -4,80 mm em Y. O levantador do ânus e o ânus registaram valores de X de -2,30 e -2,10 mm respetivamente, e valores de X de -6,58 mm e -7,20 mm respetivamente, enquanto o reto apresentou valores para X de 3,49 mm e -5,523 mm para Y. Quanto à uretra e à bexiga, foram registados para X valores de 1,43 e 3,39 mm respetivamente, e -4,42 e -13,43 mm para Y respetivamente. Estes são valores a ter em conta devido à sua importância nas disfunções em estudo.

Quanto aos esforços máximos, estes localizam-se principalmente na zona de ligação dos ligamentos à bexiga (figura 19, 20, 21), o que por si só indica que os ligamentos têm bastante importância no suporte e claro está na continência urinária da mulher.



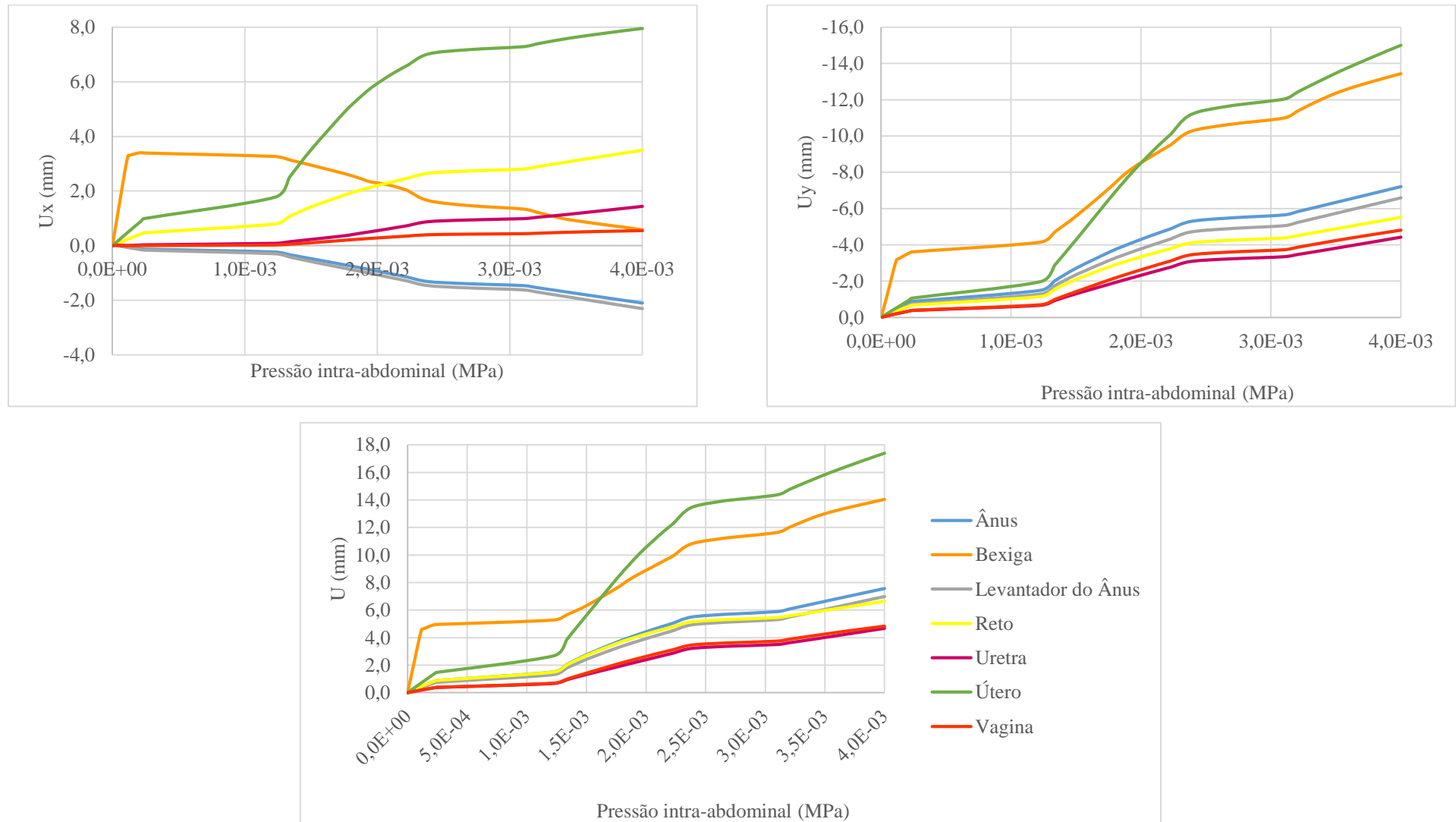


Figura 18 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ ,  $U_y$  e  $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo a 100%.

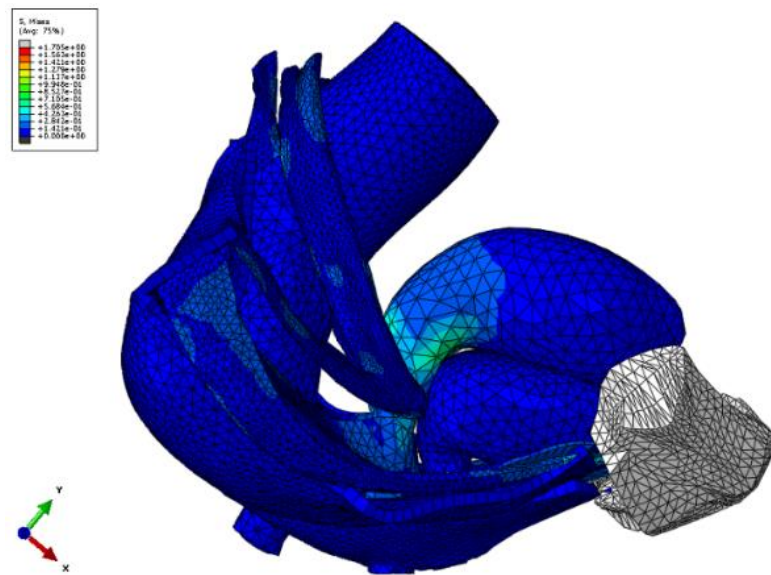


Figura 19 - Representação esquemática das tensões presentes no modelo a 100%.

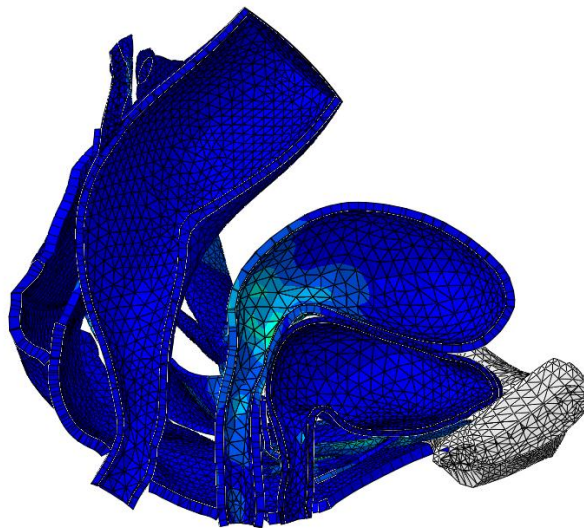


Figura 20 - Representação esquemática numa vista em corte das tensões presentes no modelo a 100%.

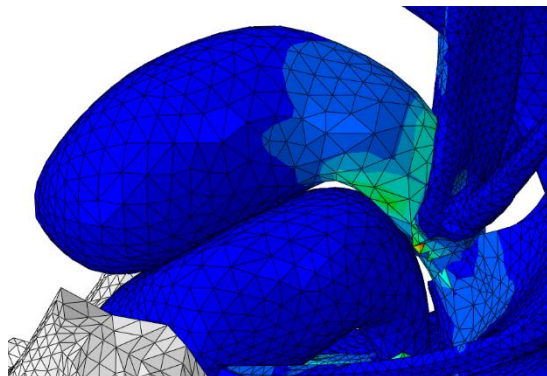


Figura 21 - Representação esquemática da tensão máxima no modelo a 100%.

Com isto é então agora possível alterar as propriedades dos ligamentos, fásia e músculos, e simular o modelo para o caso de este apresentar dano, ou uma melhoria provocada por esforços de alto impacto (figura 22).

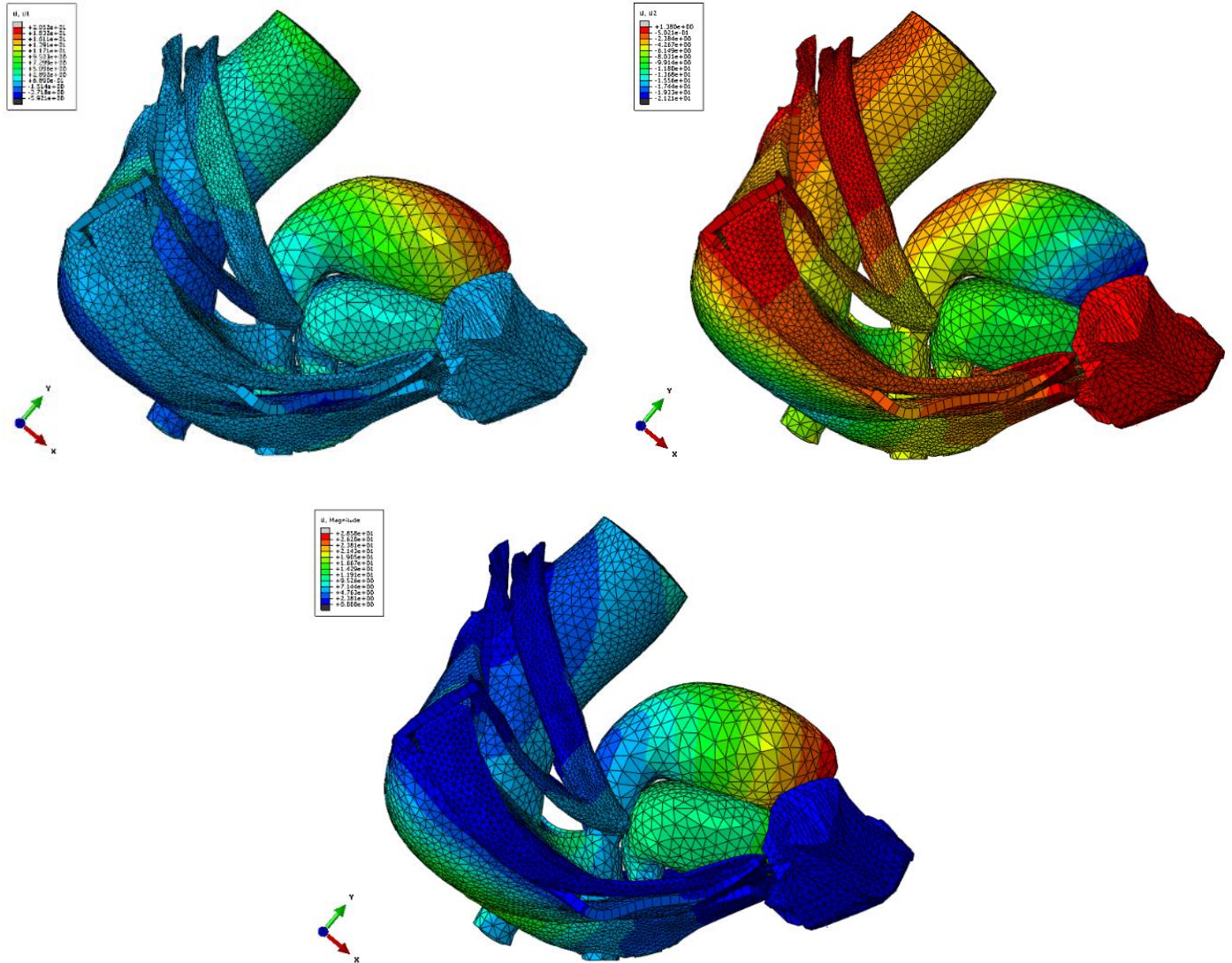


Figura 22 - Representação esquemática dos deslocamentos nodais segundo  $U_x$ ,  $U_y$  e  $U$  magnitude para o modelo a 100%

## **6.2. Modelo com dano na fáscia**

Provocando um dano na fáscia na ordem dos 25% (figura 23), 50% (figura 24) e 75% (figura 25), as alterações no modelo não são significativas. A uretra foi o único que apresentou um deslocamento significativo de 3,52 mm para X e -5,44 mm para Y e isto para um dano de 75% (figura 26), enquanto que na vagina se registou um aumento de 0,13 mm em X e 0,43 em Y. De realçar também o deslocamento de -15,65 mm em Y para o útero, um aumento de 0,65 mm. De resto as alterações no modelo não foram significativas

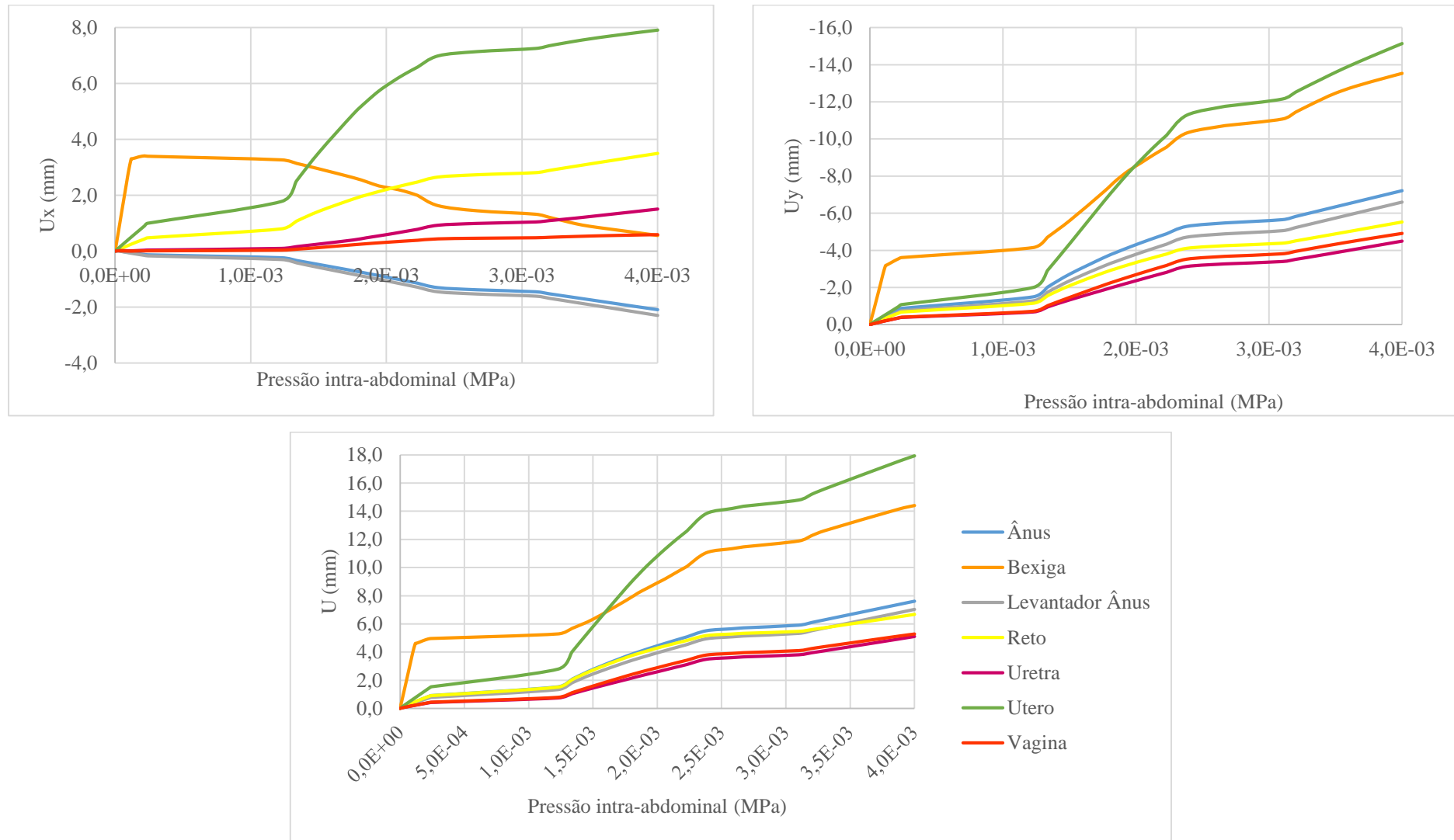


Figura 23 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ ,  $U_y$  e  $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com dano na fâscia a 25%.

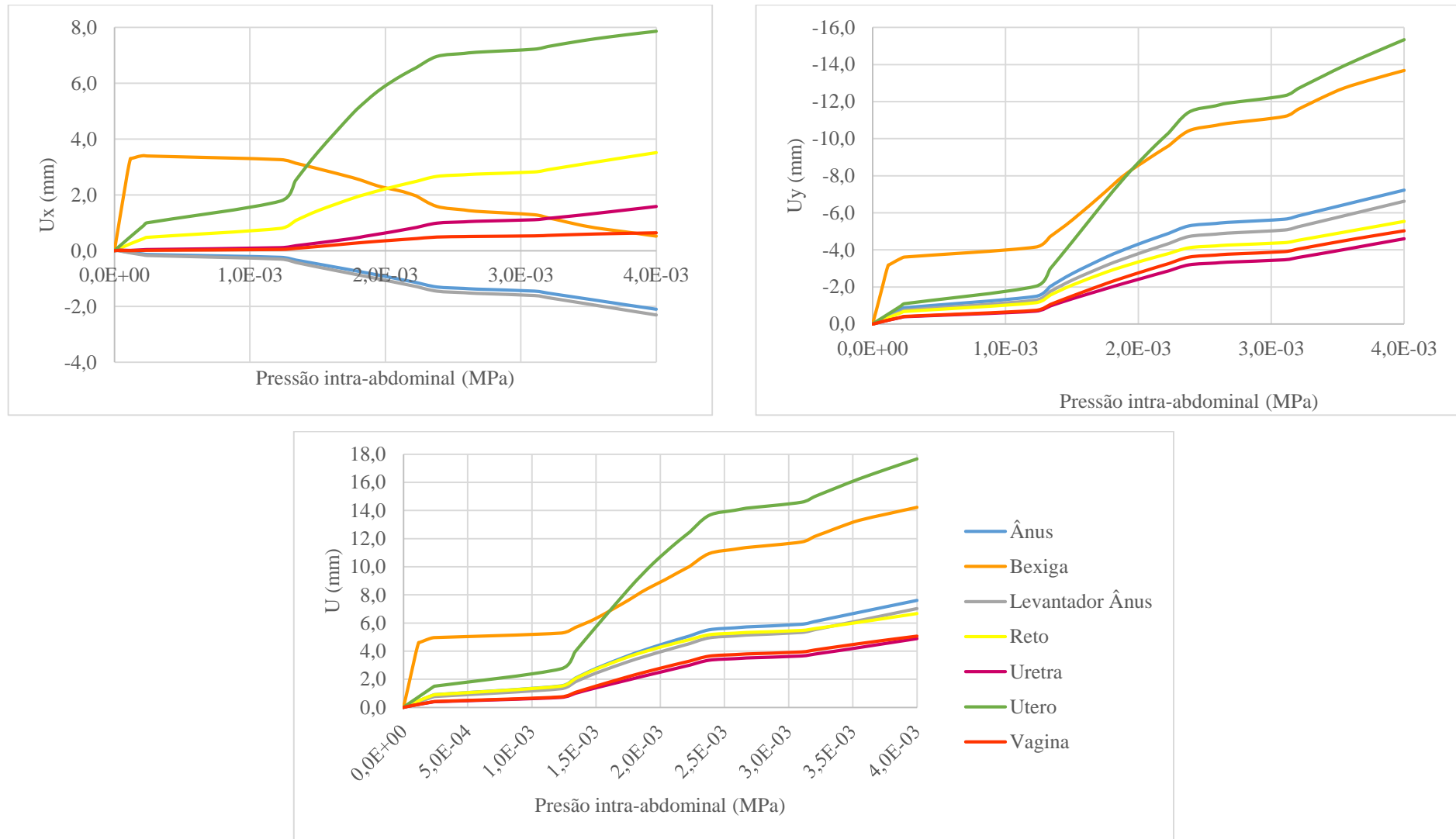


Figura 24 Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ ,  $U_y$  e  $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com dano na fáscia a 50%.-

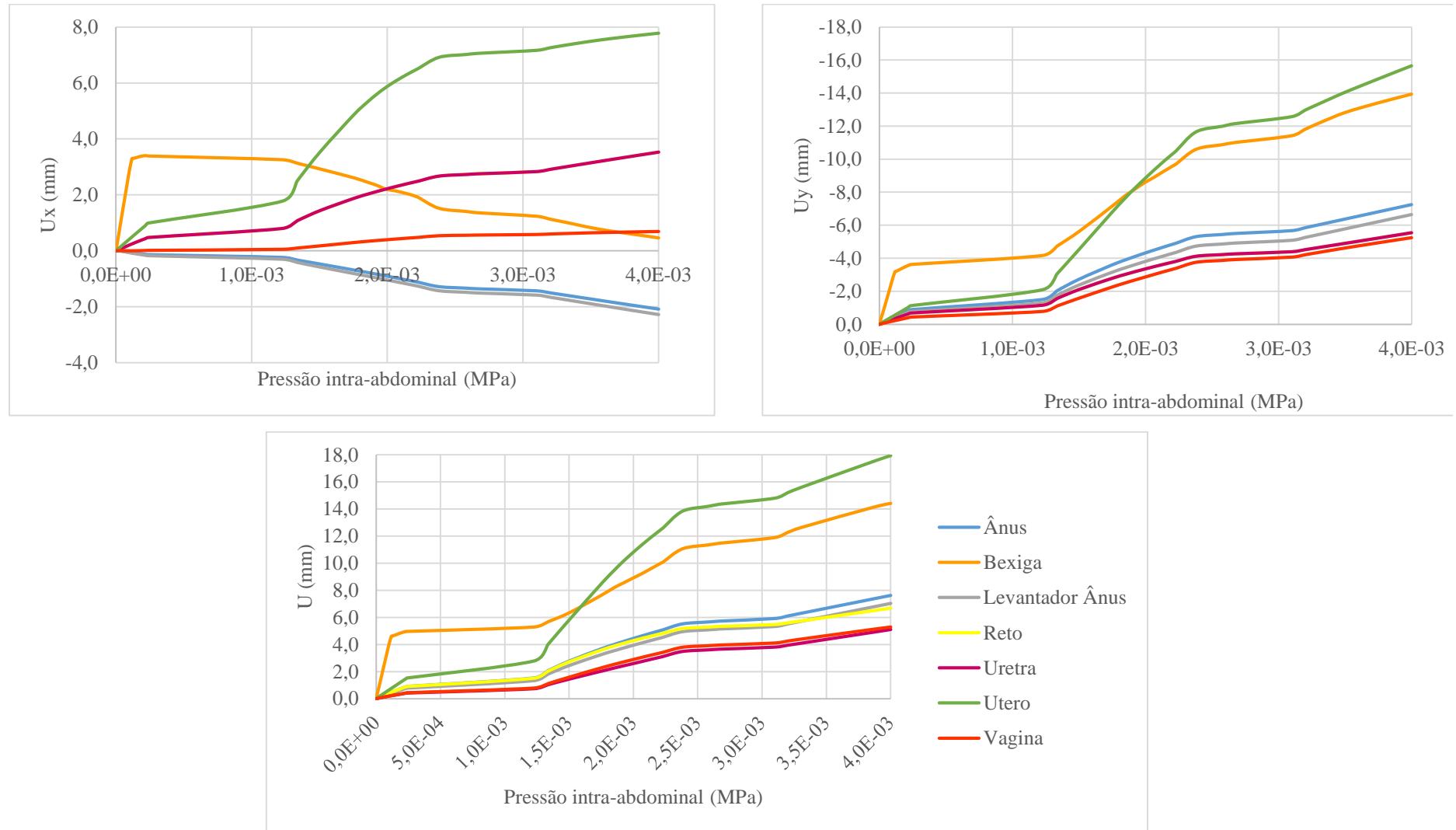


Figura 25 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ ,  $U_y$  e  $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com dano na fásia a 75%.



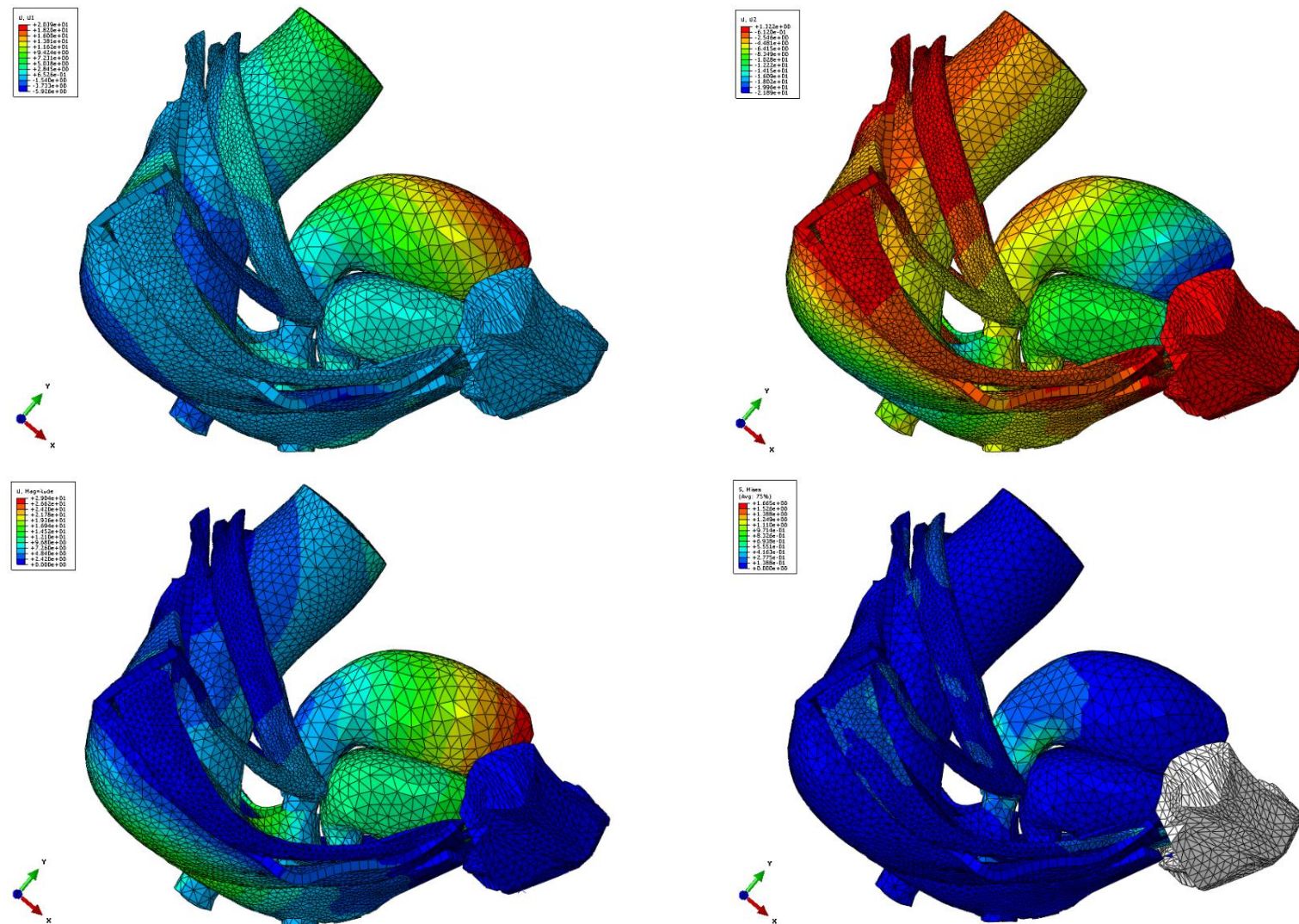


Figura 26 Representação esquemática dos deslocamentos nodais segundo Ux, Uy, U magnitude e tensão Von Mises para o modelo com dano na fáscia a 75%



### **6.3. Modelo com dano nos ligamentos**

Quanto aos ligamentos é possível observar um aumento significativo dos deslocamentos, com o aumento do dano (figura 30). Aos 75% (figura 29) de dano (ligamentos a 25% das suas capacidades), verifica-se que o reto se deslocou 4,05 mm em X e -6,31 mm em Y, o que representa um aumento de cerca de 15% em Y em relação ao modelo a 100%. O ânus e a bexiga sofreram ligeiras alterações ao registarem aumentos de 0,29 mm e 0,01 mm em X respetivamente, enquanto para Y registaram um aumento de deslocamento de 1,11mm e 1,15 mm respetivamente. O útero registou valores de 8,80 mm para X e -16,84 mm para Y, o que representa um aumento de 10% para X e 12% para Y em relação a um modelo com ligamentos saudáveis. O levantador do ânus moveu-se - 2,52 mm em X e -7,81 mm em Y, mas os registos de maior valor foram sentidos pela uretra e vagina, que registaram valores de 1,92 mm e 1,02 mm em X e -6,52 mm e -7,38 mm em Y respetivamente. Estes valores significam que em relação aos ligamentos a 100%, o aumento de movimento para a uretra e para a vagina ronda os 50% (figura 28).

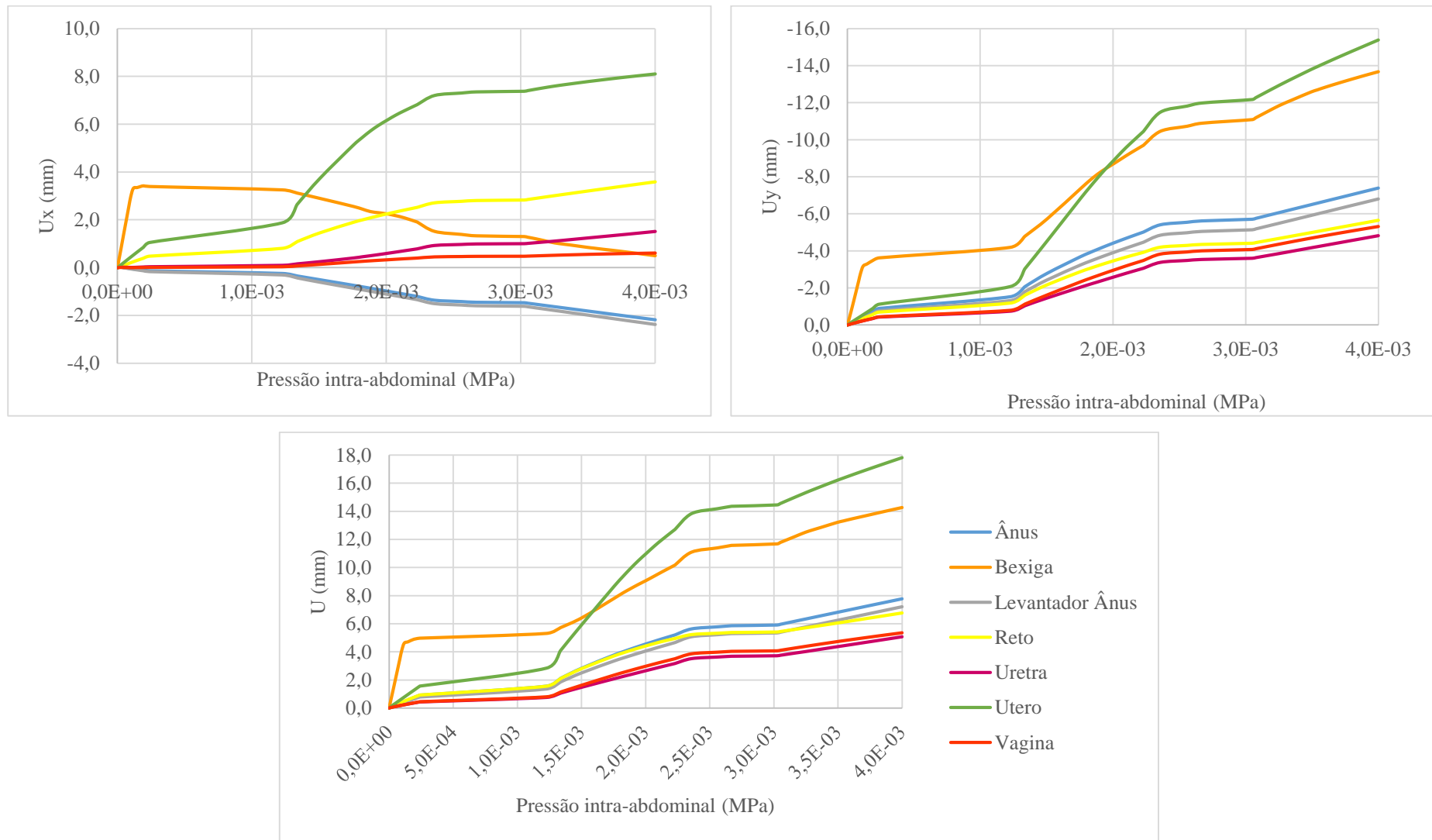


Figura 27 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ ,  $U_y$  e  $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com dano nos ligamentos a 25%.

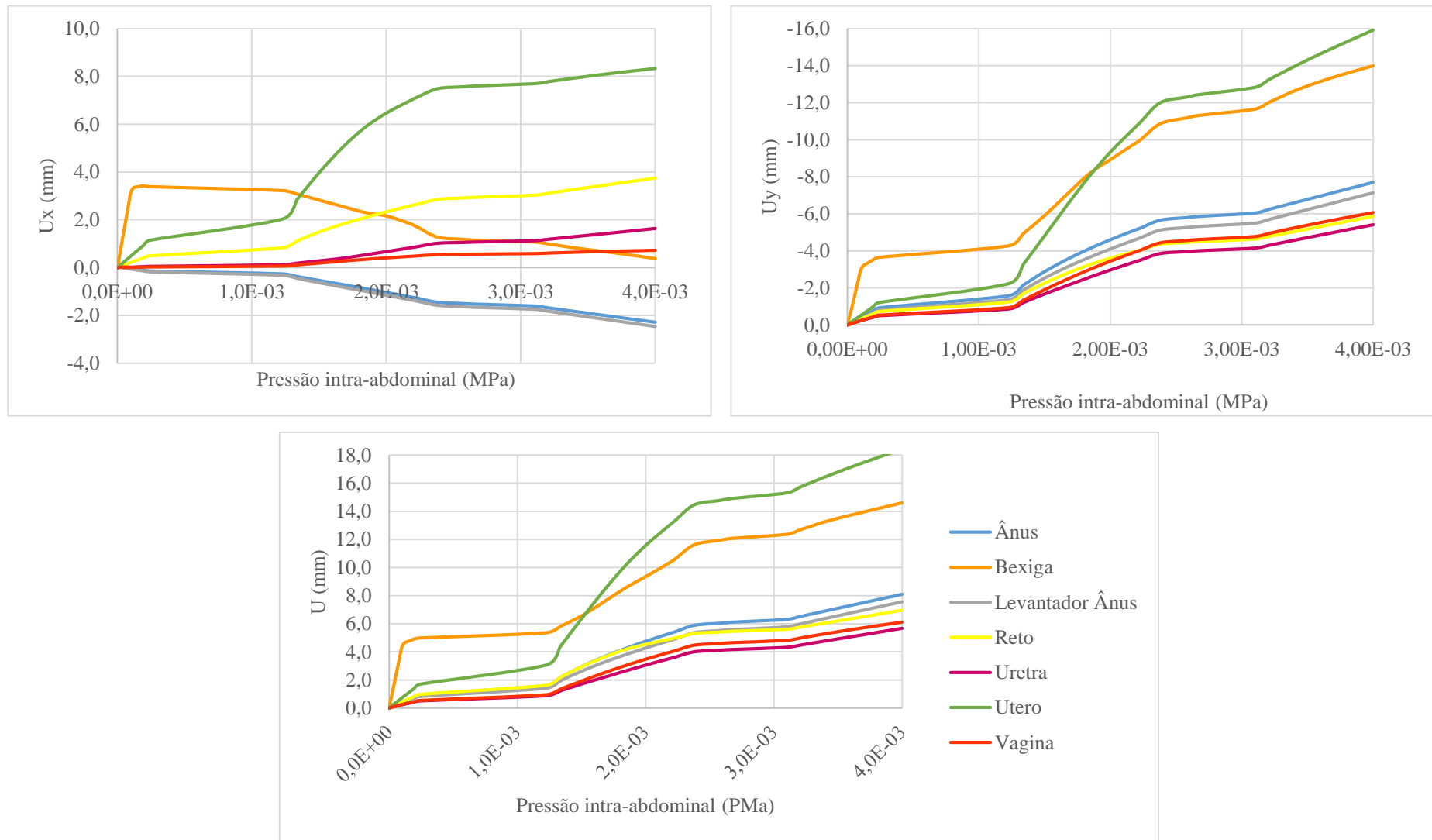


Figura 28 Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ ,  $U_y$  e  $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com dano nos ligamentos a 50%.

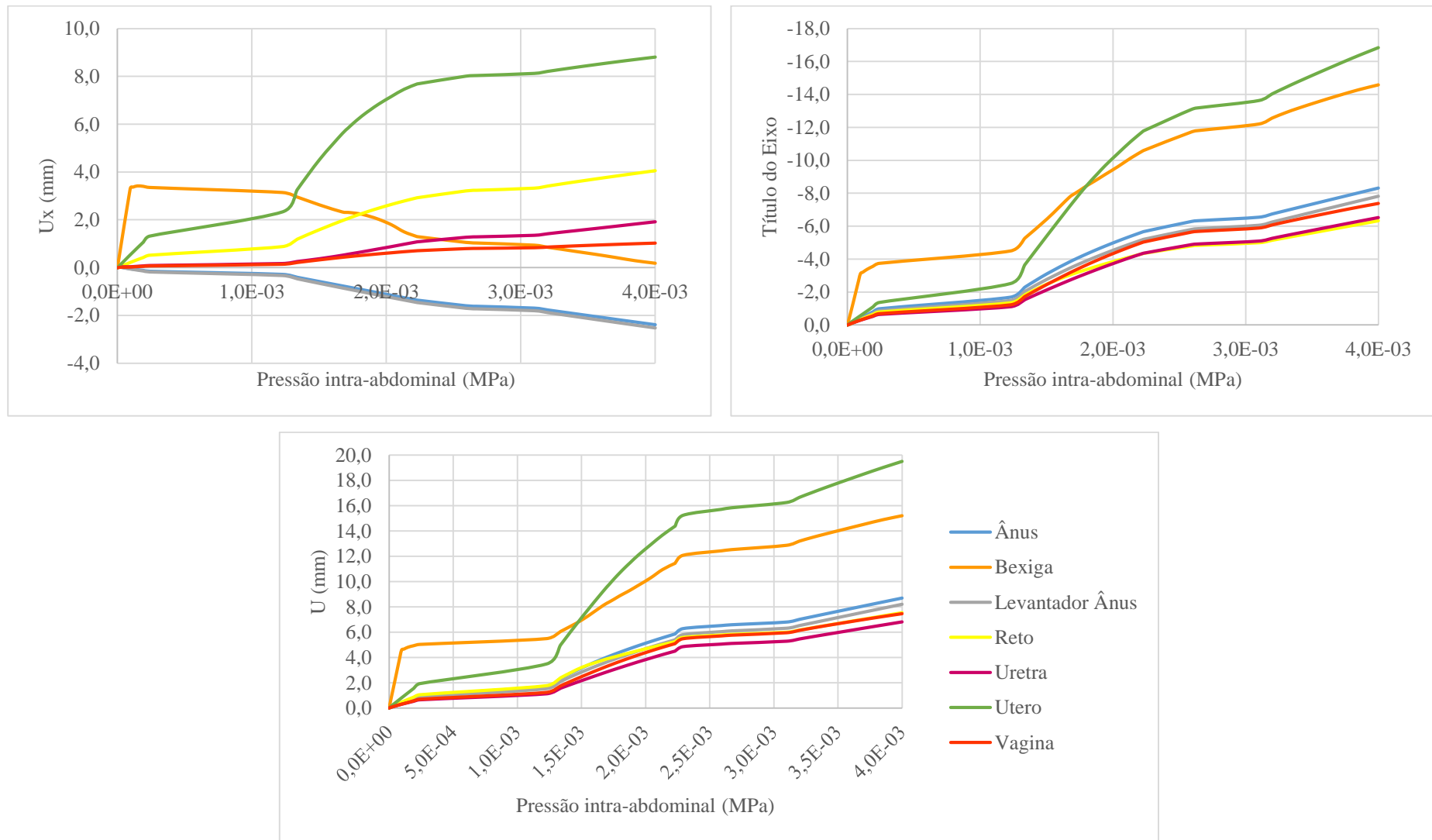


Figura 29 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ ,  $U_y$  e  $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com dano nos ligamentos a 75%.

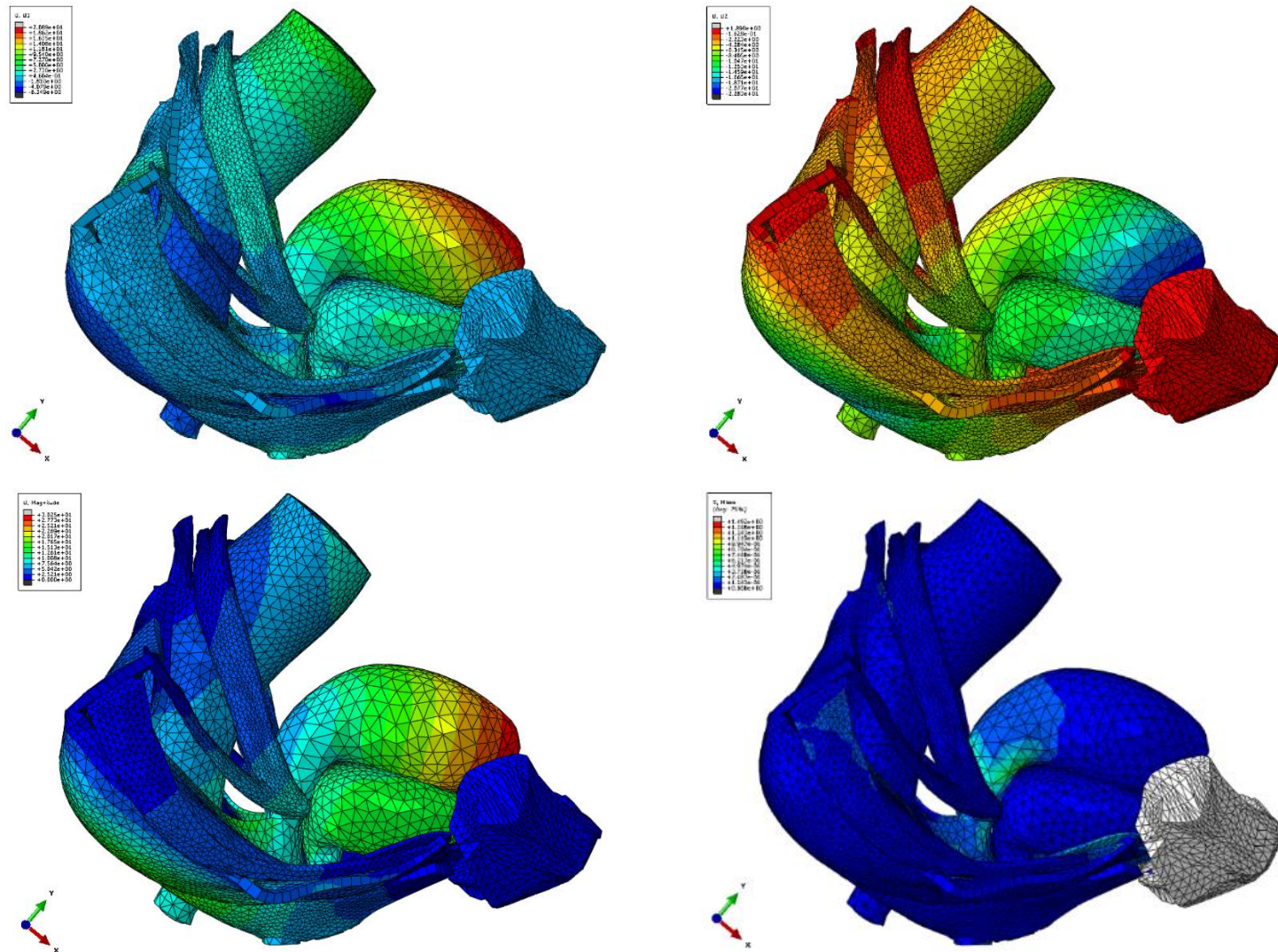


Figura 30 - Representação esquemática dos deslocamentos nodais segundo  $U_x$ ,  $U_y$ ,  $U$  magnitude e tensão Von Mises para o modelo com dano nos ligamentos a 75%

#### **6.4. Modelo com dano nos músculos**

Danificando os músculos da cavidade pélvica (figura 34), alguns órgãos importantes para o estudo em questão, apresentaram resultados interessantes. Começando então por dizer que a simulação com um dano de 75% (figura 33) não chegou ao fim visto que o modelo com os músculos tao enfraquecidos permite que os órgãos se movam de tal maneira que entrem uns nos outros, dando então erro no simulação. A análise será feita então para um dano de 50% (figura 32), até porque os dados obtidos são suficientes para tirar conclusões.

Assim sendo o reto com o enfraquecimento dos músculos moveu-se 4,22 mm em X e -7.26 mm em Y, o que representa um aumento de movimento em relação a um modelo sem dano na ordem dos 20 e 25% (figura 31) para X e Y respectivamente, valores mais elevados que aplicando um dano de 75% nos ligamentos. Também o levantador do ânus apresentou valores mais elevados de deslocamento, -4.43 mm para X e -8,89 mm para Y, o dobro do movimento em X do que o obtido para um dano de 75% nos ligamentos, e mais 1 mm do que o obtido em Y. O valor em X para o ânus também foi quase o dobro do que o obtido nos 75% de dano nos ligamentos com -4,18 mm, enquanto para Y foi de -9,43 mm, pouco mais de 1 mm em relação aos 75% de dano nos ligamentos. A uretra, bexiga, útero e vagina por seu lado não registaram deslocamentos significativos, com deslocamentos inferiores a 10% em relação a um estado saudável do modelo.

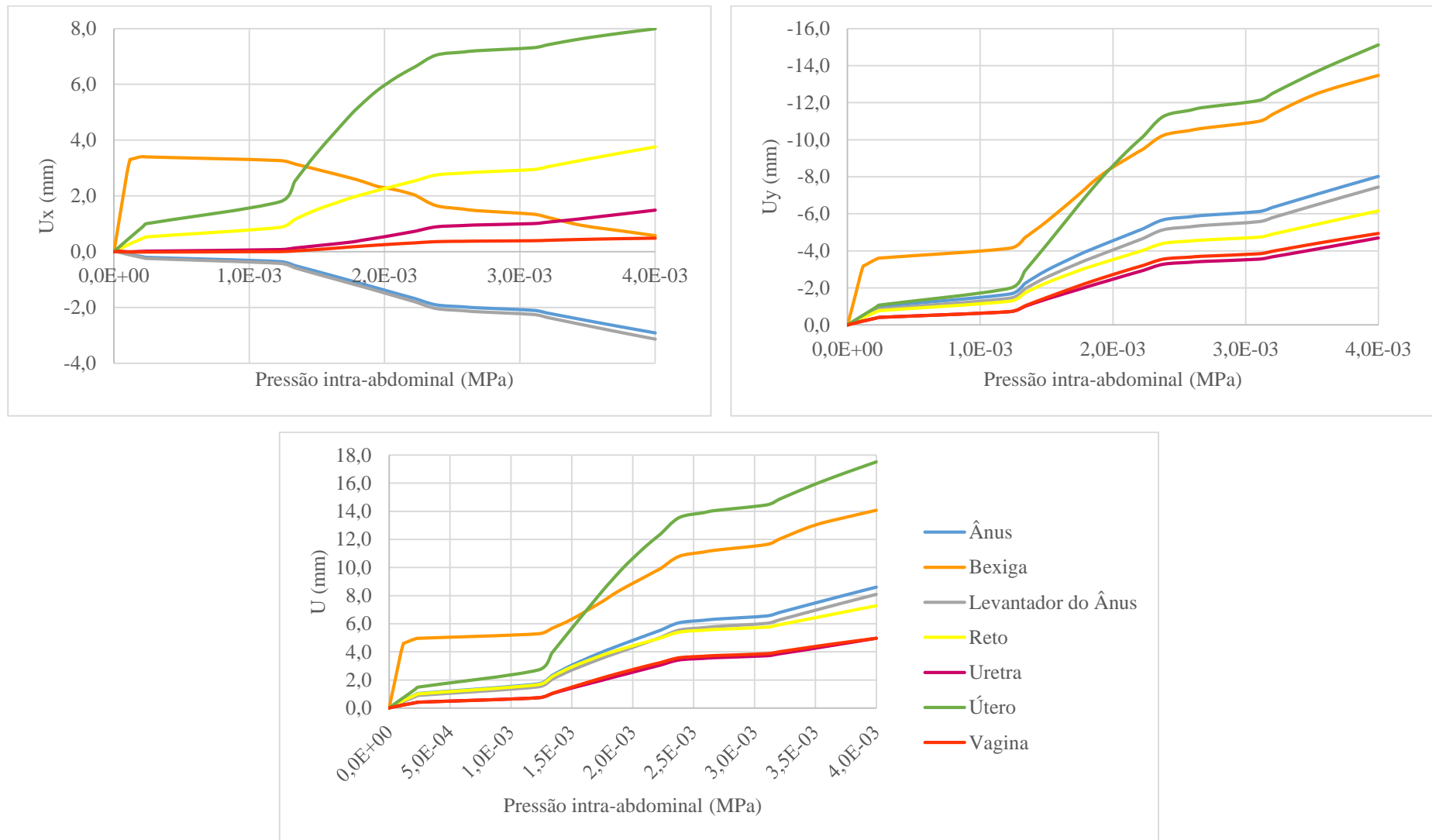


Figura 31 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ ,  $U_y$  e  $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com dano nos músculos a 25%.

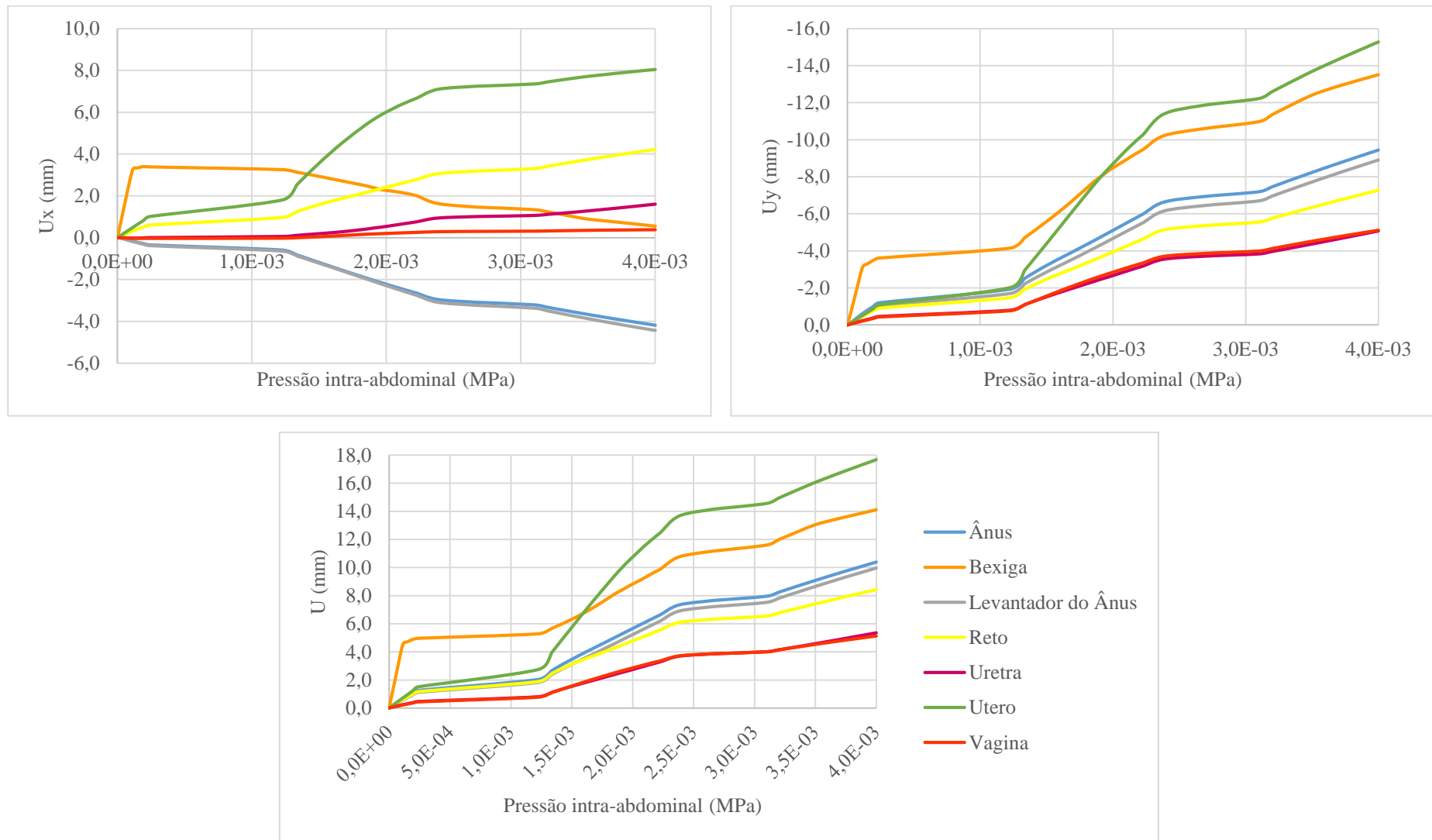


Figura 32 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ ,  $U_y$  e  $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com dano nos músculos a 50%.



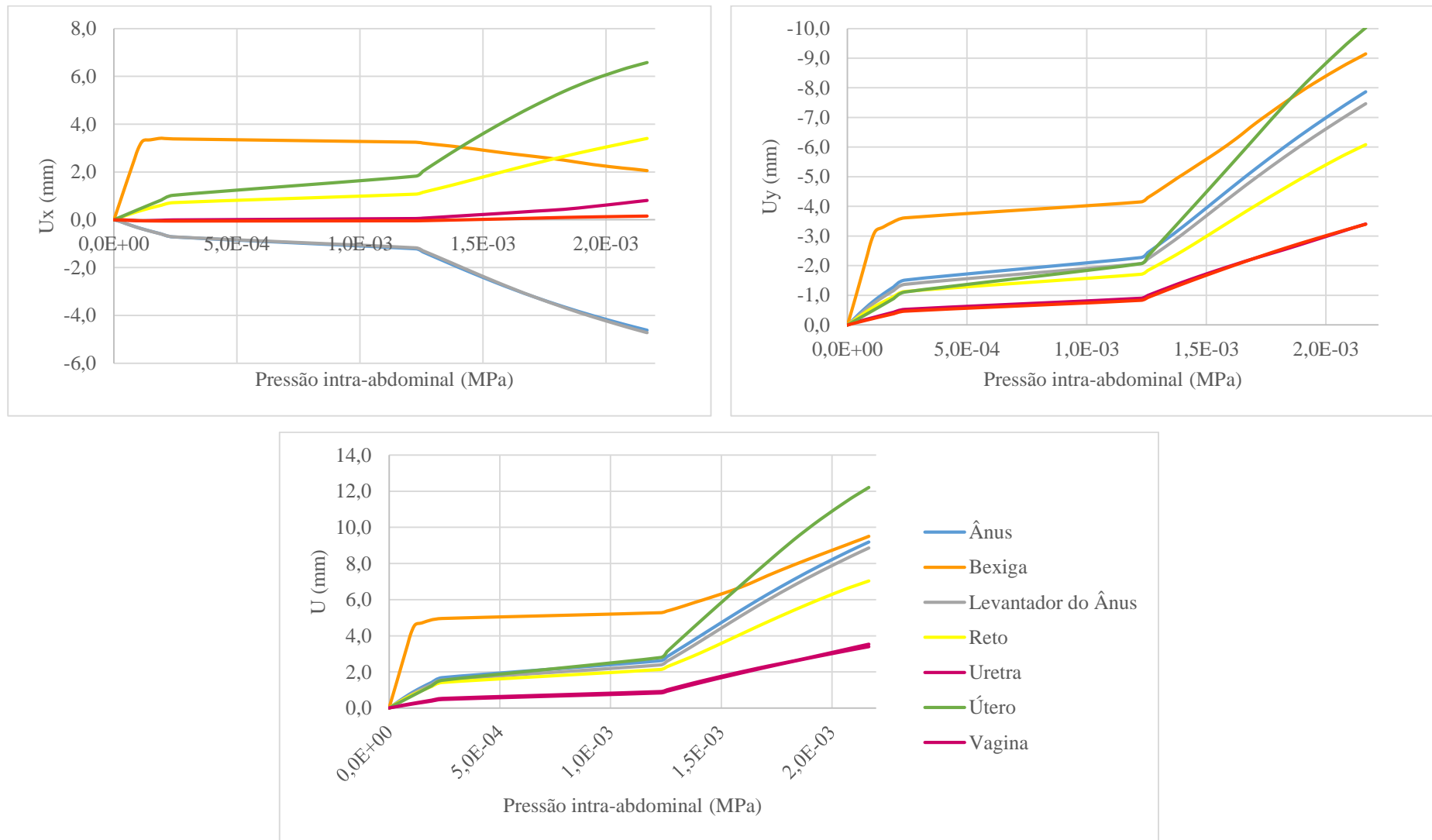


Figura 33 - Representação gráfica da variação do deslocamento (Ux, Uy e U) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com dano nos músculos a 75%

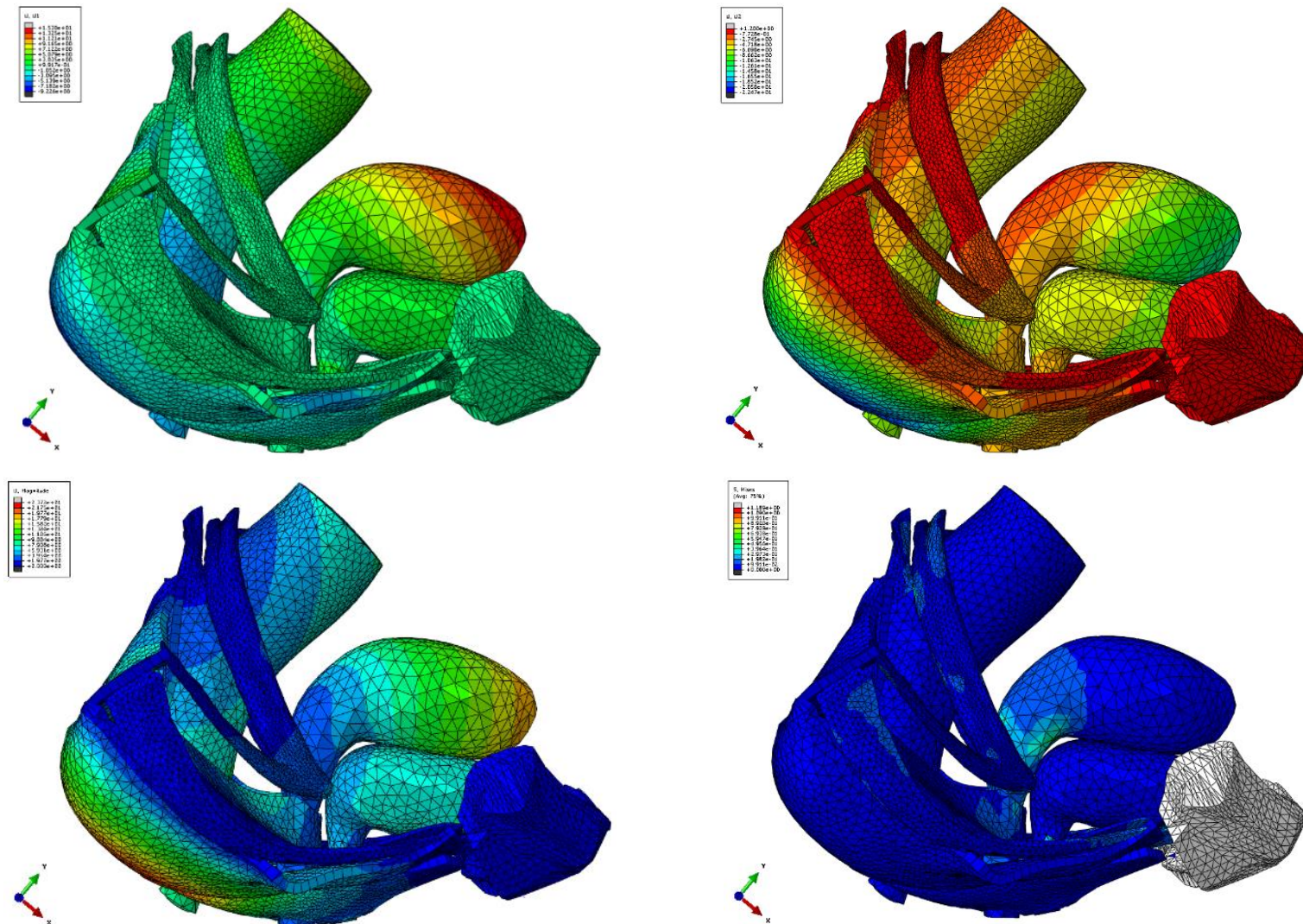


Figura 34 - Representação esquemática dos deslocamentos nodais segundo  $U_x$ ,  $U_y$ ,  $U$  magnitude e tensão Von Mises para o modelo com dano nos músculos a 75%.

## **6.5. Modelo com melhoria na fáscia**

Melhorando as características da fáscia o modelo praticamente não sofreu alterações (figura 38). O reto, levantador do ânus e ânus praticamente mantiveram-se inalterados, enquanto a uretra, bexiga, útero e vagina apresentaram melhorias que não ultrapassam os 2% em relação ao modelo a 100%.

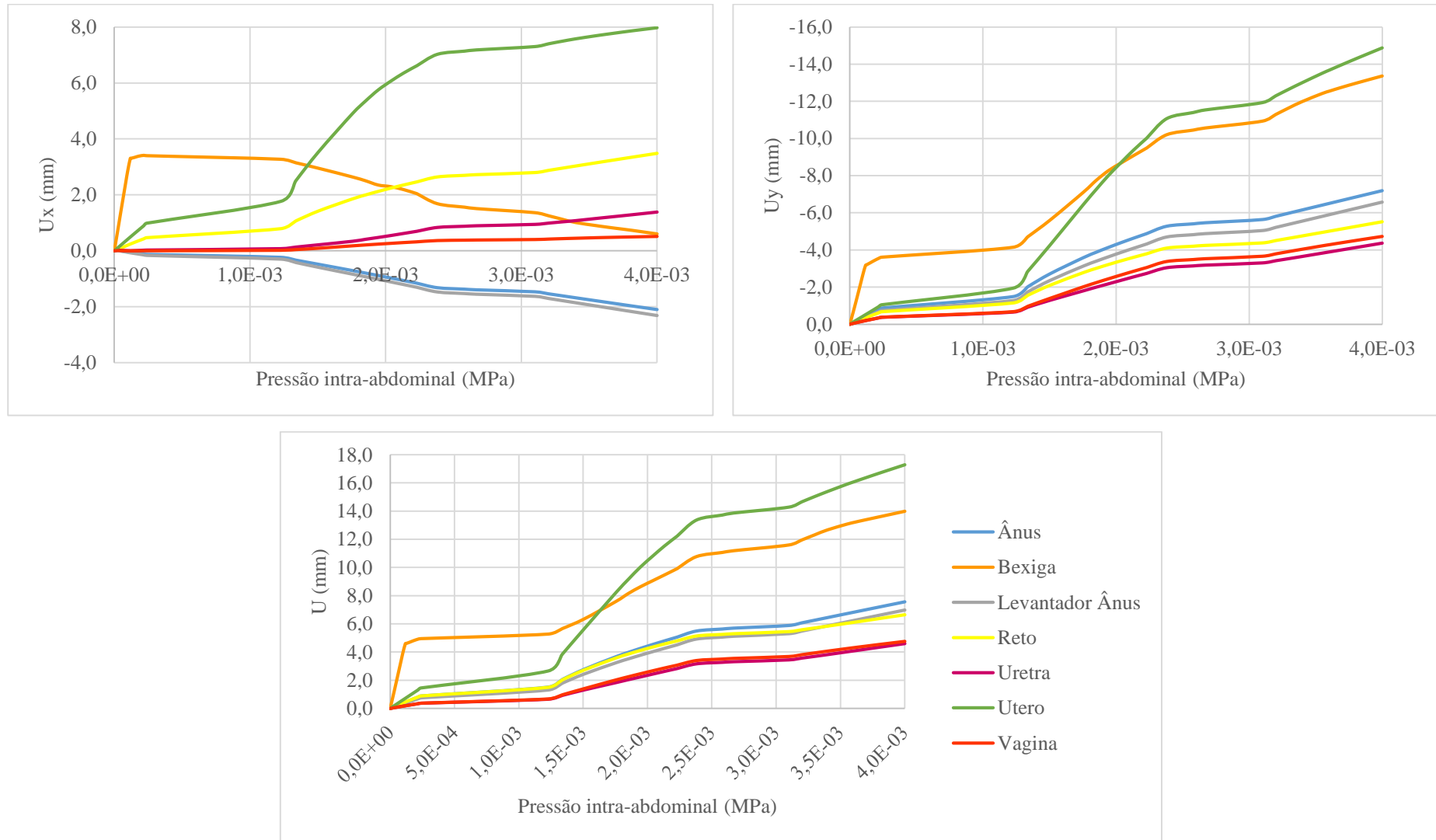


Figura 35 - Representação gráfica da variação do deslocamento (Ux, Uy e U) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com melhoria na fâscia a 25%.

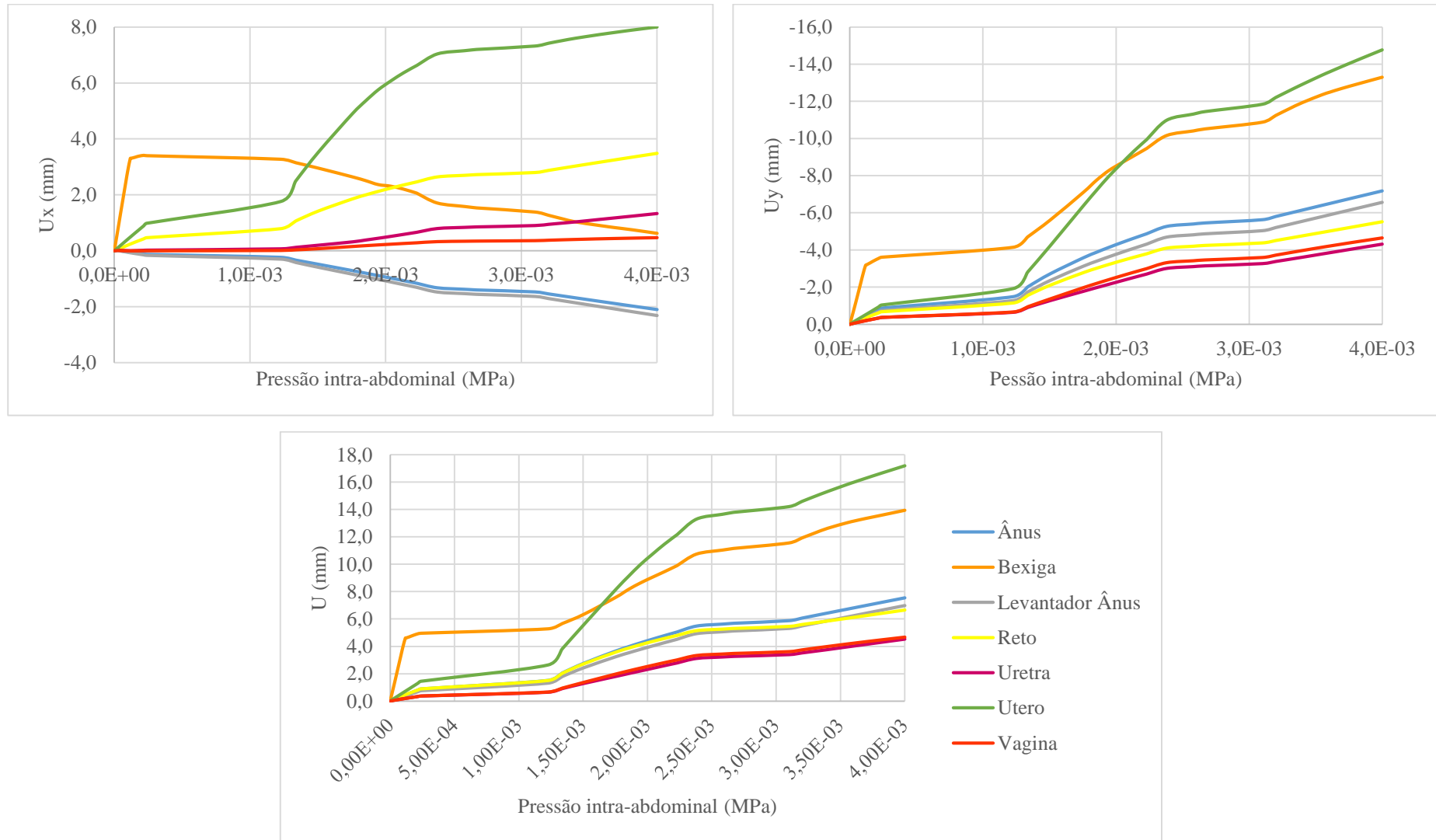


Figura 36 - Representação gráfica da variação do deslocamento (Ux, Uy e U) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com melhoria na fâscia a 50%.

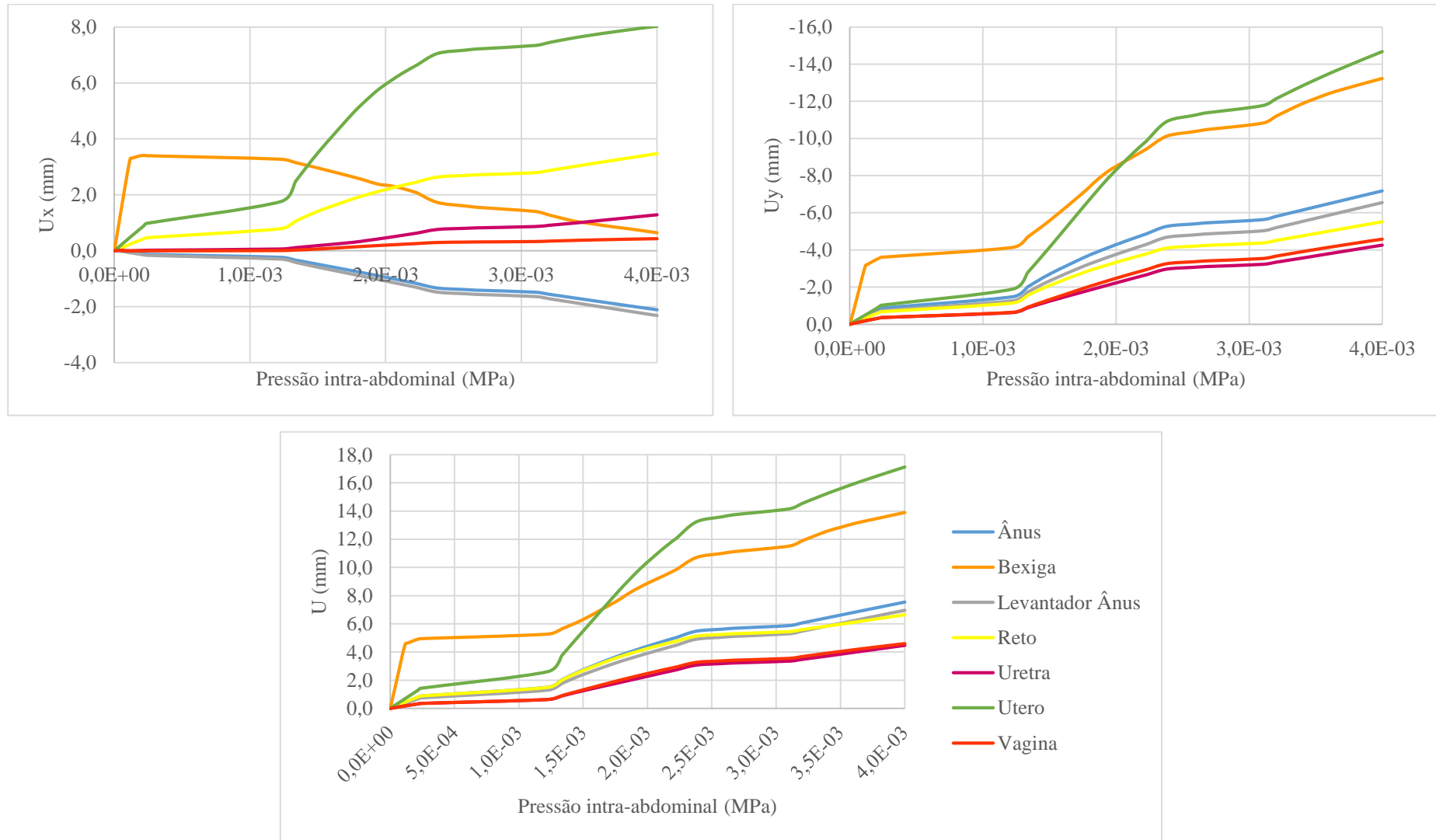


Figura 37 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ ,  $U_y$  e  $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com melhoria na fâscia a 75%



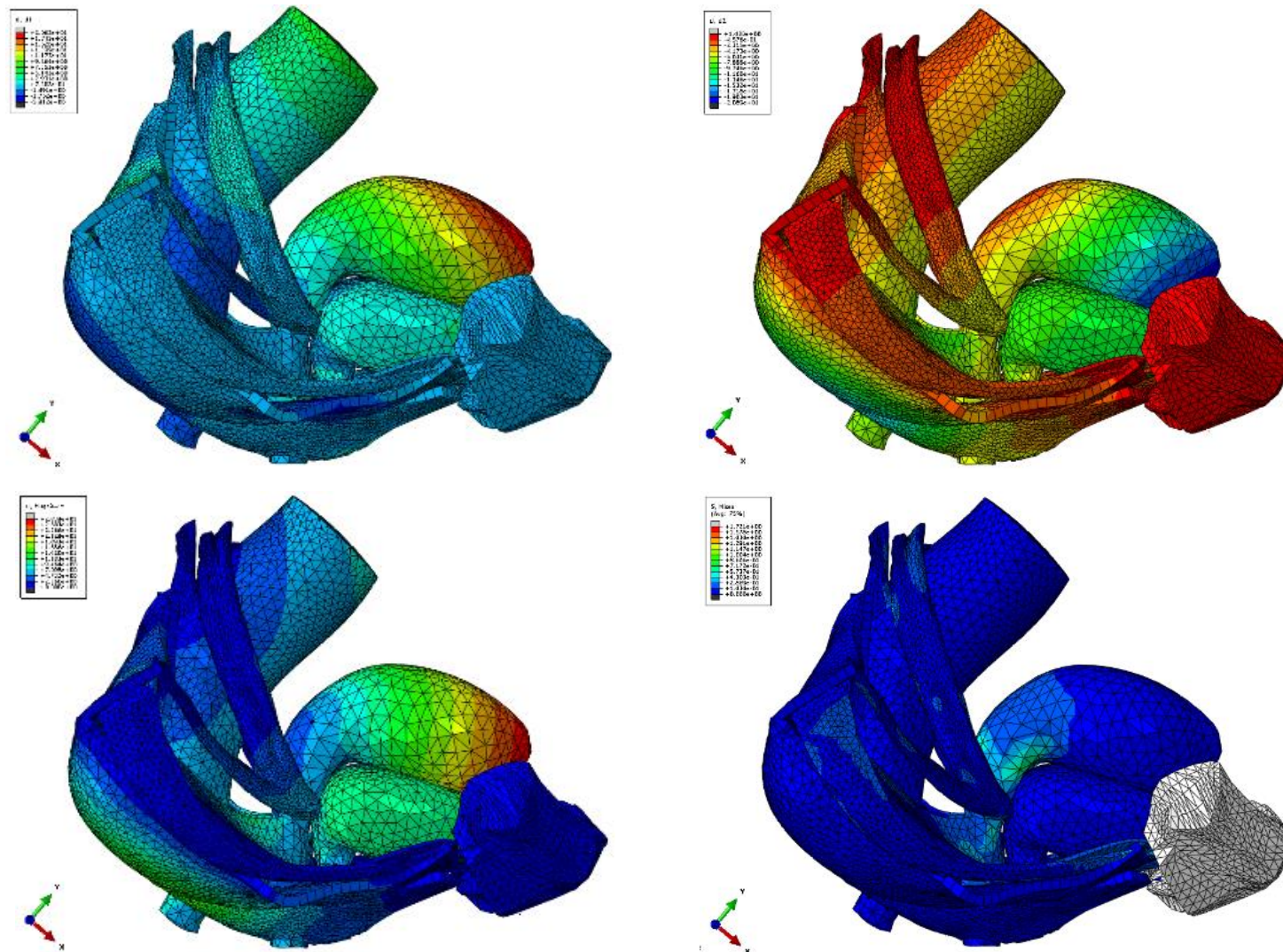


Figura 38 - Representação esquemática dos deslocamentos nodais segundo Ux, Uy, U magnitude e tensão Von Mises para o modelo com melhoria na fásia a 75%.

## **6.6. Modelo com melhoria nos ligamentos**

O reforço dos ligamentos apresentou algumas melhorias na cavidade pélvica (figura 42). O reto manteve-se praticamente inalterado, com melhorias pouco significativas. O levantador do ânus apresentou ligeiras melhorias com um reforço de 75% (figura 41), com a redução de 0,14 mm para X e 0,32 mm para Y, em relação ao modelo a 100%. O ânus e a uretra melhoraram ligeiramente, com um deslocamento de -1,93 mm e 1,31 mm para X respectivamente e -6,86 mm e -3,74 mm em Y respectivamente, representando uma melhoria de 5% para o ânus e cerca de 15% para a uretra. A vagina apresentou para X 0,486 mm e para Y -3,89 mm, o que representa também uma melhoria nas suas capacidades em relação a um modelo a 100%. Quanto à bexiga e ao útero as melhorias foram pouco significativas, rondando assim os 3% em relação a um modelo sem dano e sem melhorias.



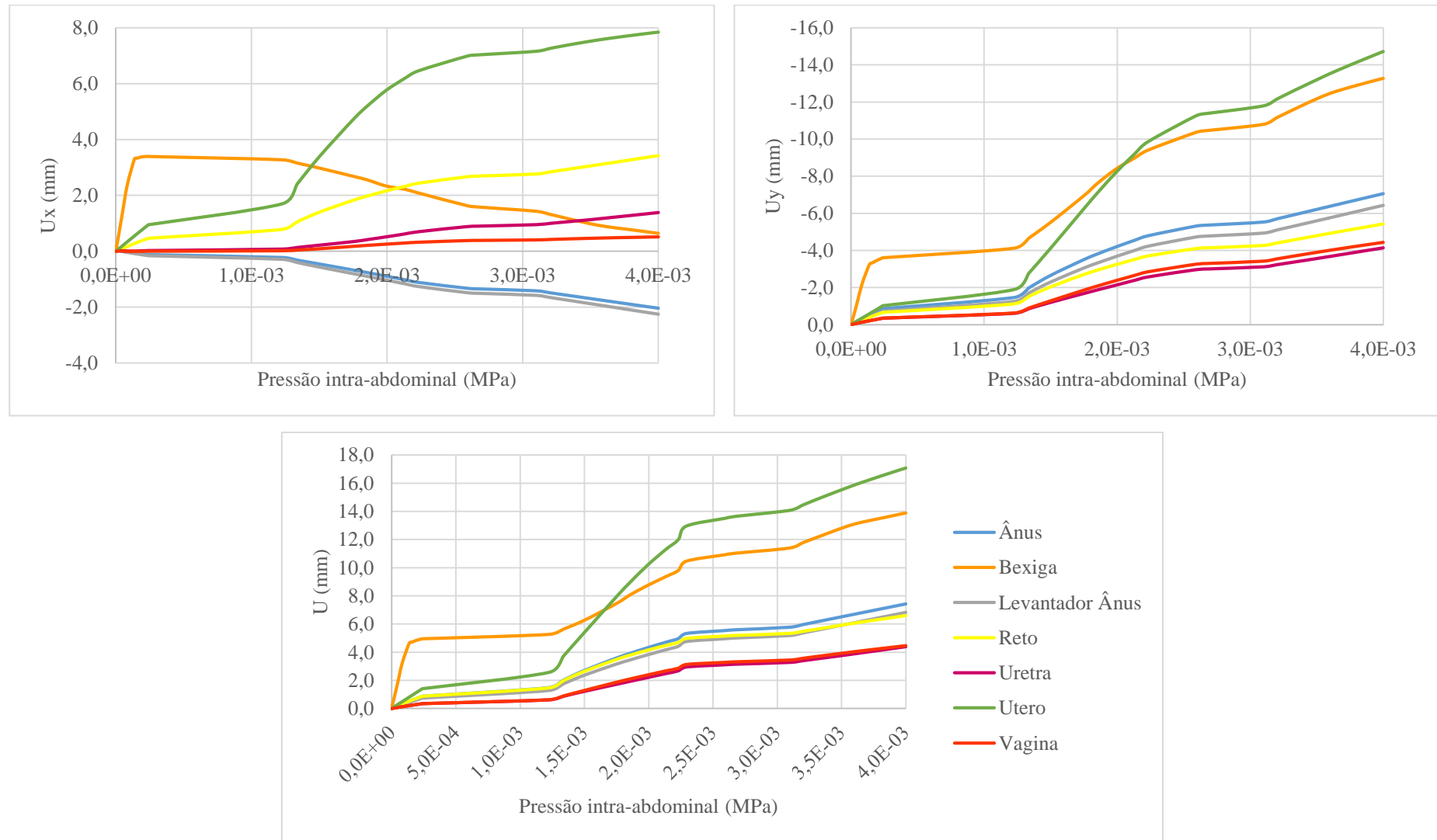


Figura 39 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ ,  $U_y$  e  $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com melhoria nos ligamentos a 25%

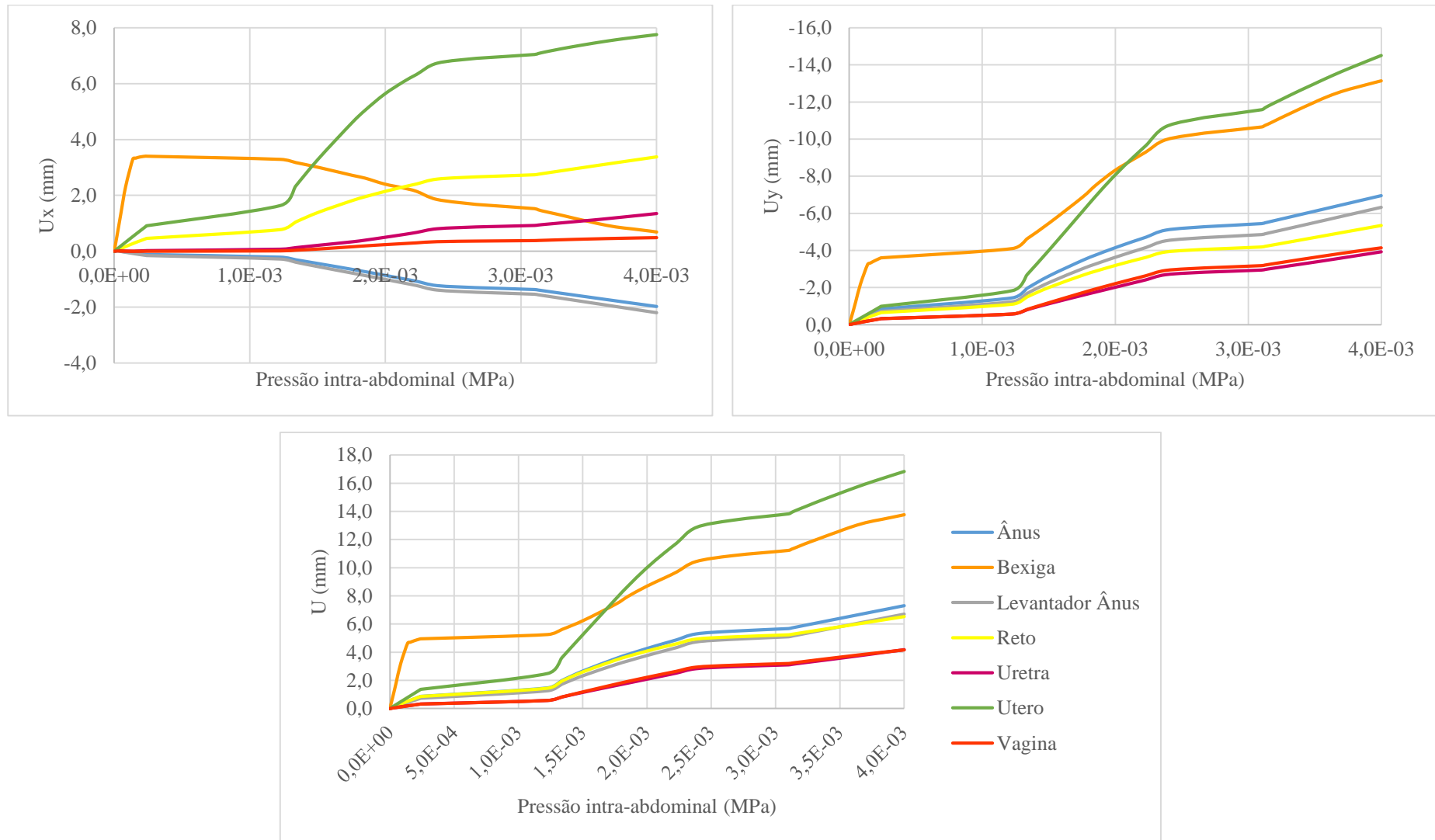


Figura 40 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ ,  $U_y$  e  $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com melhoria nos ligamentos a 50%

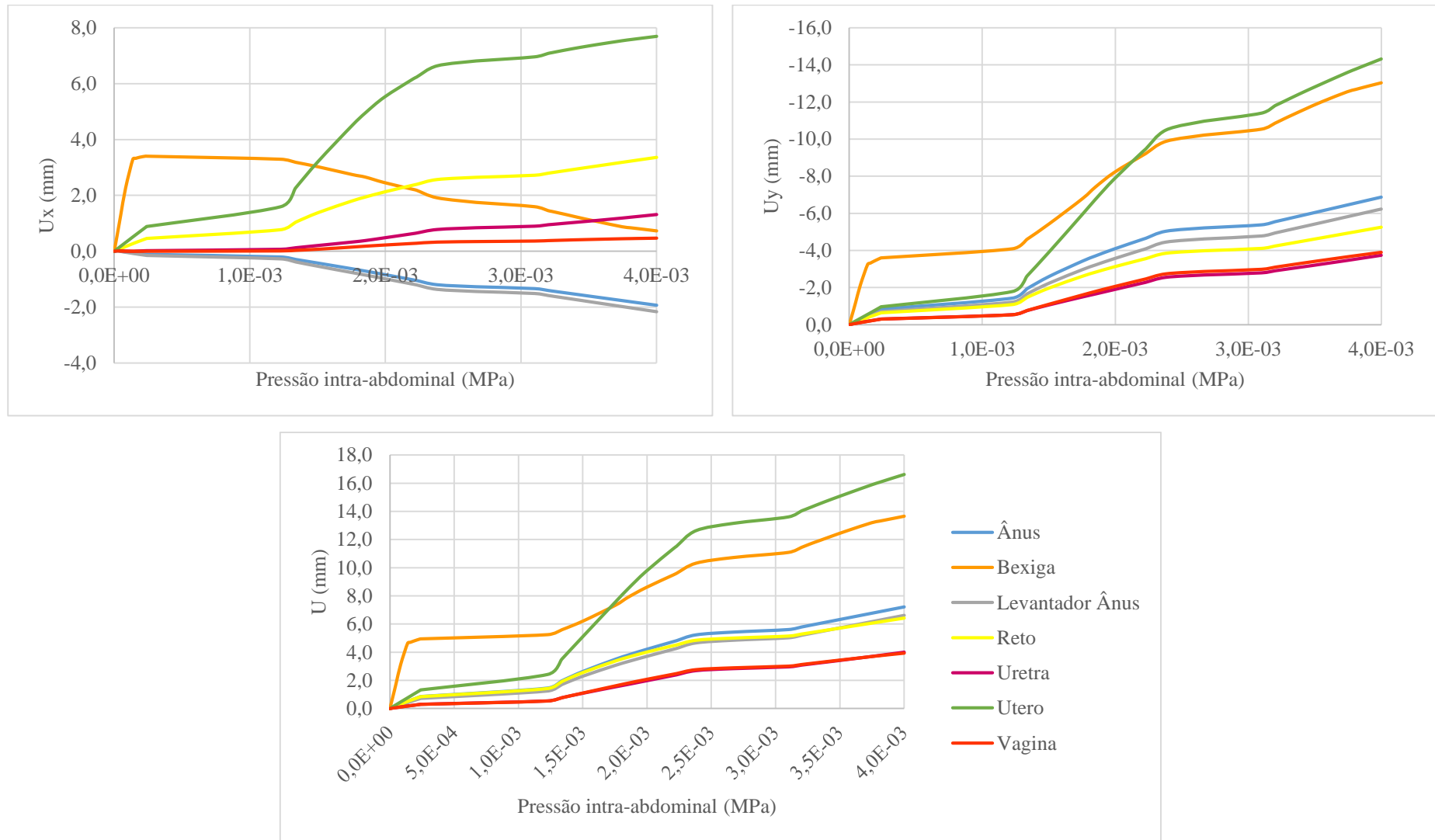


Figura 41 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ ,  $U_y$  e  $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com melhoria nos ligamentos a 75%.

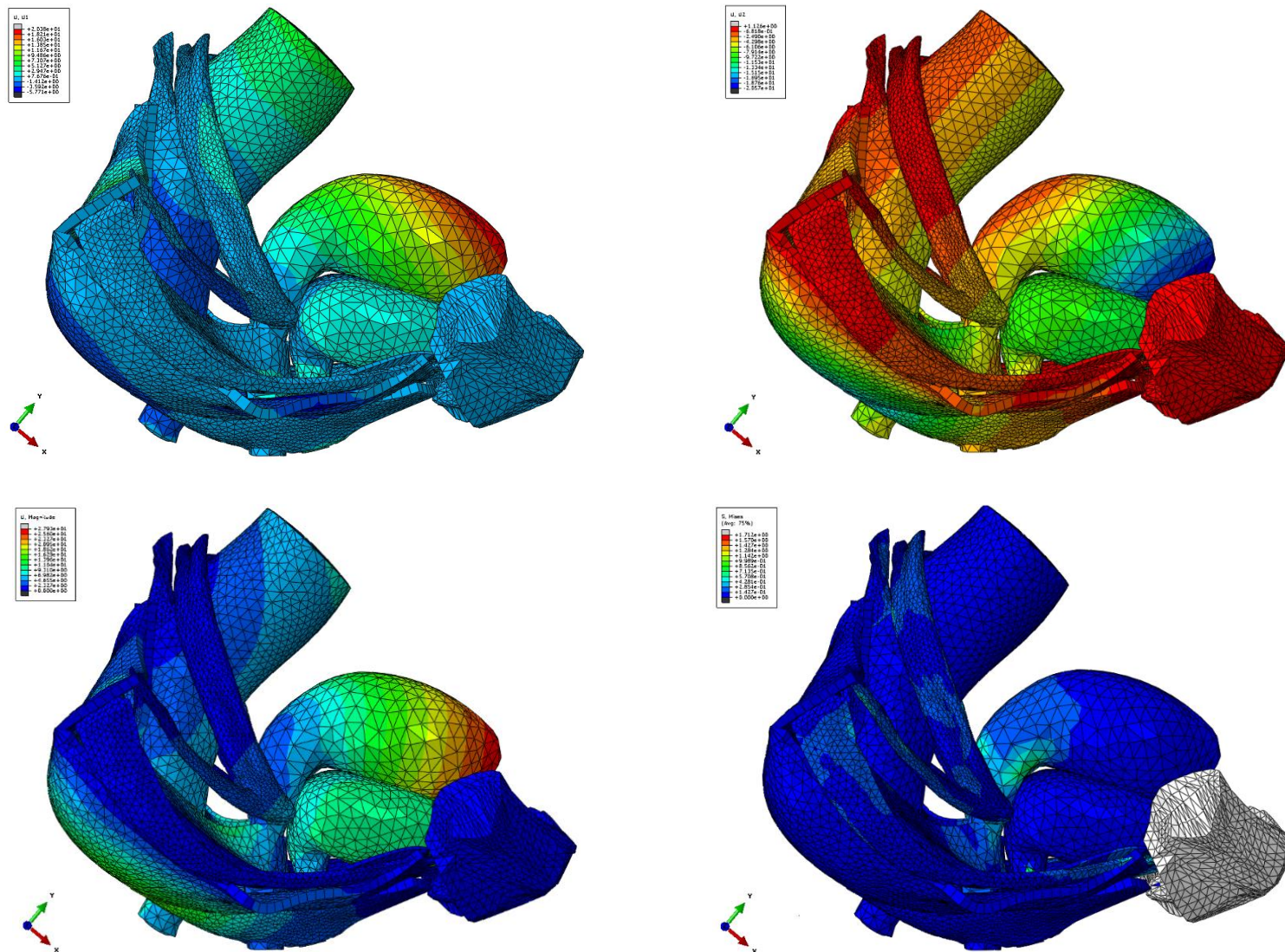


Figura 42 - Representação esquemática dos deslocamentos nodais segundo  $U_x$ ,  $U_y$ ,  $U$  magnitude e tensão Von Mises para o modelo com melhoria na 75%.

## **6.7. Modelo com melhoria nos músculos**

Relativamente a uma melhoria dos músculos (figura 46), a uretra, bexiga, útero e vagina melhoraram ligeiramente, mas as melhorias foram inferiores às registadas para os mesmos 75% (figura 45) de dano nos ligamentos. As melhorias foram de cerca de 15% para a uretra, 2% para a bexiga e para o útero e 8% para a vagina relativamente ao modelo a 100% das suas capacidades. O reto por seu lado apresentou melhorias consideráveis, com 3,19 mm para X e -4,78 mm para Y com um reforço de 75% nos músculos, enquanto o levantador do ânus deslocou-se -1,12 mm em X e -5,54 mm em Y. Isto significa que o reto em X se deslocou menos 0,3 mm e em Y menos 0,743 mm do que um estado a 100%, enquanto o levantador do ânus registou em X menos 1,18 mm e em Y menos 1,04 mm do que o modelo a 100%. De realçar que estes valores são melhores dos que os obtidos para o mesmo dano nos ligamentos. O ânus também registou melhores valores que o equivalente para os ligamentos, apresentando em X -0,946 mm e em Y -6,20 mm, o que representa uma ligeira redução de deslocamento em relação a um modelo sem dano e reforço muscular, visto que em X o seu deslocamento é menos de metade, e em Y é menos 1 mm.

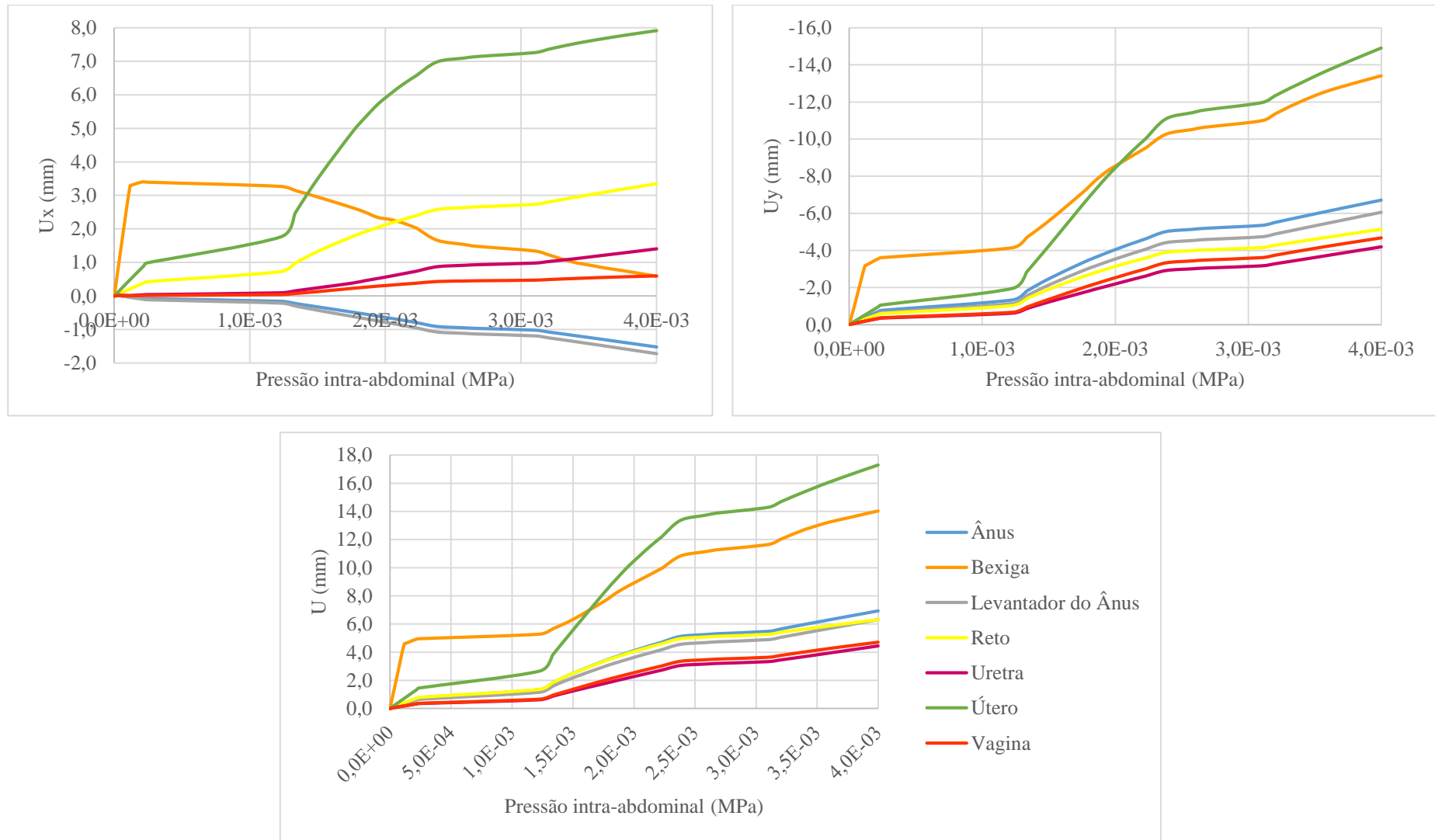


Figura 43 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ ,  $U_y$  e  $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com melhoria nos músculos a 25%

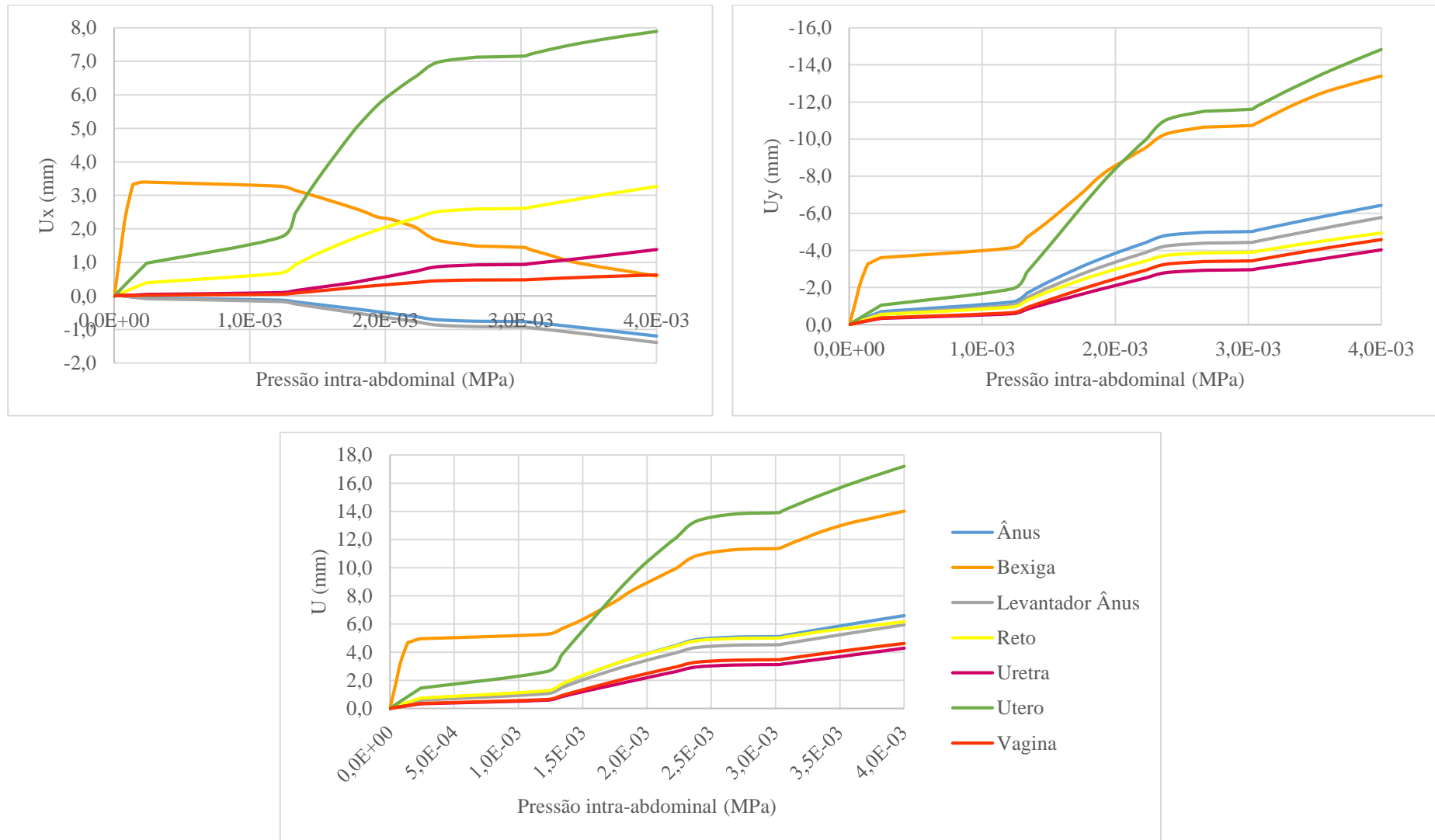


Figura 44 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ ,  $U_y$  e  $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com melhoria nos músculos a 50%.

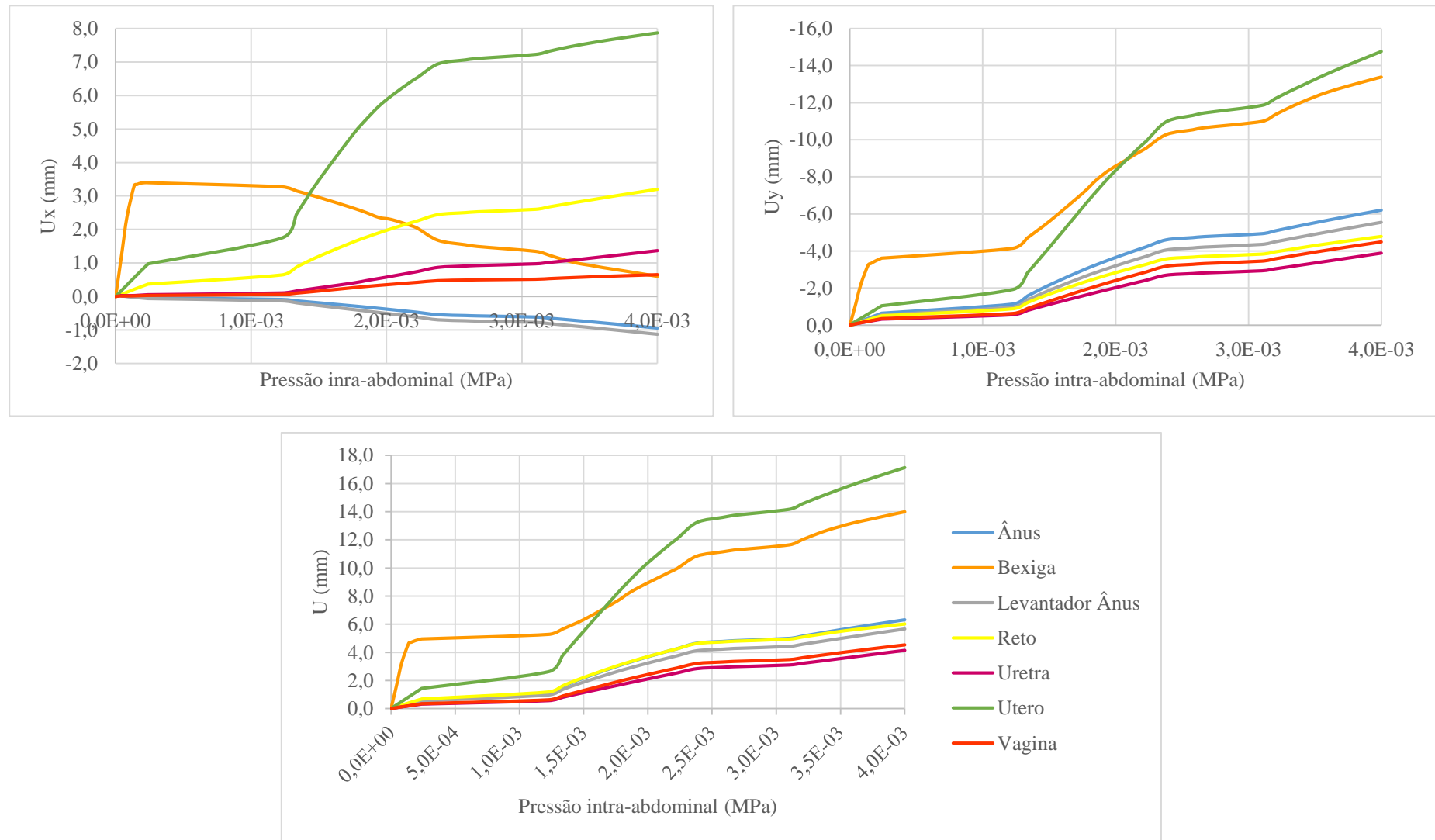


Figura 45 - Representação gráfica da variação do deslocamento ( $U_x$ ,  $U_y$  e  $U$ ) em função do aumento da pressão intra-abdominal para o modelo com melhoria nos músculos a 75%.



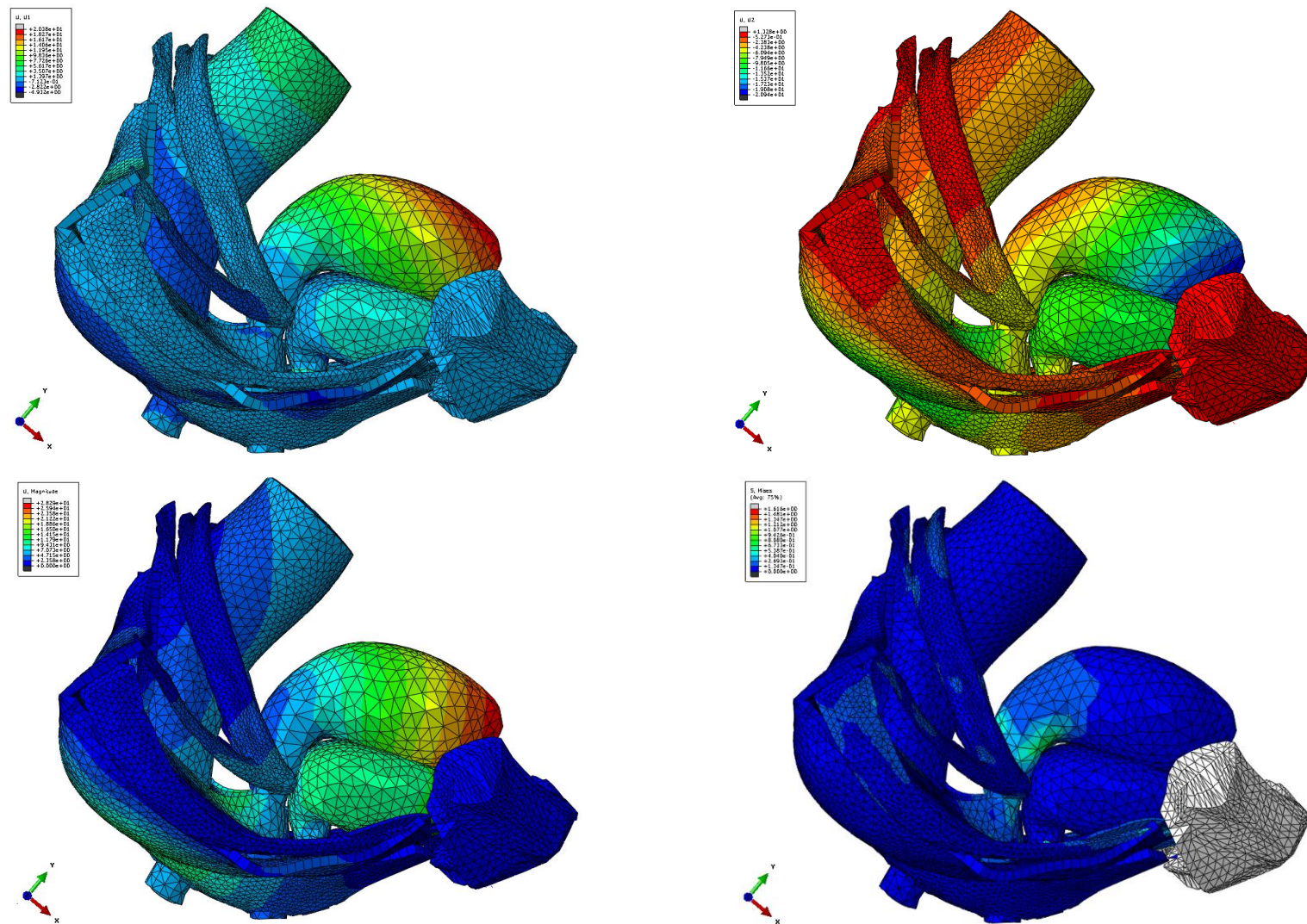


Figura 46 - Representação esquemática dos deslocamentos nodais segundo  $U_x$ ,  $U_y$ ,  $U$  magnitude e tensão Von Mises para o modelo com melhoria dos músculos a 75%.

## Capítulo 7

### Conclusões e Perspetivas Futuras

#### 7.1. Conclusões gerais

A cavidade pélvica é de elevada importância na mulher visto que os as estruturas ósseas, musculares, órgãos e tecidos conjuntivos desempenham um papel fundamental no suporte e organização estrutural e funcional deste sistema complexo. A ocorrência de parto por via vaginal, gravidez ou envelhecimento são alguns dos fatores de risco para a ocorrência de disfunções tais como IU e IF, porém são vários os casos registados, em que uma simples tosse é o suficiente para provocar perdas involuntárias de urina.

A simulação de um modelo tridimensional da cavidade pélvica feminina, através do programa *ABAQUS*, permite através de pormenores anatómicos, observar vísceras pélvicas e respetivas estruturas de suporte: sistema do MLA, fáscia endopélvica e ligamentos pélvicos.

O MEF permite a simulação realista dos movimentos dos órgãos e dos músculos pélvicos, o que permite a obtenção de valores de deformação e tensão devido às forças mecânicas aplicadas no suporte dos órgãos pélvicos. A análise baseou-se então no estudo do deslocamento dos órgãos pélvicos à medida que a pressão intra-abdominal aumentava, e para o caso da ocorrência de dano ou reforço do conjunto fáscia, ligamentos e músculos.

À medida que a pressão intra-abdominal aumenta, maior é o movimento dos órgãos na direção inferior do pavimento pélvico. Tal deve-se à aplicação da pressão se encontrar sobretudo na parte superior dos órgãos. A presença desta pressão intra-abdominal origina tensões nas estruturas de suporte – fáscia, ligamentos e músculos - pois são estas que suportam os órgãos.

A fáscia endopélvica é imprescindível para o funcionamento apropriado dos órgãos pois a ação simultânea da fáscia, ligamentos e músculos providencia a organização estrutural, fortalecimento e suporte dos órgãos. Porém ao causar dano neste tecido, o movimento dos órgãos foi bastante reduzido, sendo que apenas a uretra e o útero sofreram deslocamentos digno de serem registrados. Ao melhorar as características da fáscia face ao modelo original, o modelo voltou a não registrar grandes alterações. Tais resultados levam a crer que apesar da fáscia ser um importante instrumento de suporte dos órgãos pélvicos, o seu enfraquecimento não causa grandes modificações nos órgãos em estudo, e como tal, a probabilidade de este estar envolvido em disfunções urinárias e fecais devido a enfraquecimento da fáscia é relativamente baixo. Assim sendo se conclui que a influência da fáscia na ocorrência de incontinências e prolapsos é relativamente baixa.

Os ligamentos não são mais que pontos de ligação entre os ossos e os músculos, e são estes que conferem estabilidade aos órgãos de maneira a suportarem as constantes alterações de esforços a que são sujeitos. A existência de danos nos ligamentos altera consideravelmente a forma como o conjunto de órgãos pélvicos se comportam. A aplicação de dano levou a que o deslocamento de todos os órgãos pélvicos envolvidos fosse maior, o que realça a importância dos mesmos no suporte dos órgãos pélvicos. A ocorrência de dano nos ligamentos é então uma das causas para a IU e IF. Alterando as propriedades dos ligamentos para melhor, o que se verificou foi uma redução geral de movimento em todos os órgãos, mas de uma forma tão ligeira que permite concluir que o treino dos ligamentos pouco melhora as suas capacidades. Assim sendo, e analisando os resultados obtidos, é possível concluir que os ligamentos têm maior incidência sobre os órgãos do sistema urinário, e como tal, havendo dano nos mesmos, há maior prevalência para a ocorrência de IU e POP.

Por fim, os músculos do pavimento pélvico suportam os órgãos do pavimento pélvico em posição normal, e promovem resistência ao aumento da pressão intra-abdominal, assumindo uma importante função na continência urinária e fecal. A ocorrência de dano nos músculos fez com que os movimentos de alguns dos órgãos pélvicos aumentasse significativamente. Foi o caso do reto, levantador do ânus e ânus que registaram deslocamentos bastante superiores ao do modelo original, órgãos estes que estão diretamente relacionados com as disfunções em estudo, enquanto os outros órgãos se mantiveram relativamente constantes. Assim sendo, de acordo com os valores obtidos, o dano nos músculos pode levar principalmente à ocorrência de IF, e o seu reforço

muscular através de exercícios adequados, pode ser uma excelente forma de melhorar os reflexos musculares e assim contribuir para o tratamento destas disfunções.

Assim sendo, é perceptível a importância dos elementos de suporte e proteção dos órgãos da cavidade pélvica, essencialmente dos ligamentos e dos músculos, visto que através dos resultados obtidos é possível afirmar que são estes que contribuem para a estabilidade e continência urinária na mulher.

## **7.2. Possíveis evoluções e desenvolvimentos futuros**

A IU não é uma condição de gravidade, porém diminui bastante a qualidade de vida do doente. Assim sendo é de elevada importância estudos na área.

O modelo da cavidade abdomino-pélvica da mulher utilizado nas simulações, é o mais próximo possível da realidade, porém não se encontra completo. O modelo não considera a pressão hidrostática provocada pelo sangue nos órgãos do pavimento pélvico, o que em si só poderia ter influência nos resultados obtidos. Uma alteração do modelo nesse sentido talvez fosse um bom começo, de maneira a credibilizar ainda mais o mesmo.

Outro aspeto foca-se no tipo de material escolhido, condições de fronteira e restrições do modelo, pois o que se registou foi que a partir dos 0,004 MPa de pressão aplicada, alguns órgãos tinham tendência para entrar dentro de outros, ao que o simulador parava e não completava a simulação, tornando então de elevada importância alterar o modelo de maneira a testar o mesmo com pressões mais elevadas e analisar o seu comportamento.

Por fim e como possível desenvolvimento futuro, seria interessante combinar os tipos de danos nos ligamentos, fáscia e músculos, de maneira a testar o comportamento do modelo, e analisar todas as combinações possíveis.

## **Referências**

- [1] Azevedo, A. (2003). Método dos Elementos Finitos. 1ª ed. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto
- [2] Lotti, R., Machado, A., et al I (2006). Aplicabilidade científica do método dos elementos finitos. R Dental Press Ortodon Ortop Facial, v. 11 (2): 35-43
- [3] Instituto da Próstata e Incontinência urinária. Incontinência Urinária Feminina [em linha]. [consultado em 5 setembro de 2015], Disponível em URL: <http://institutodaprostata.com/incontinencia-urinaria/incontinencia-urinaria-feminina/>
- [4] Tortora, G., Derrickson, B. (2009). Principles of Anatomy and physiology. 12th edition. John Wiley Sons, Inc
- [5] Moore, K., Dalley, A., Agur, A. (2014) Clinically Oriented Anatomy. 7th edition Editora Guanabara Koogan, Baltimore
- [6] Tate, F. (2012) Seeley's Principles of Anatomy & Physiology. 2nd edition. McGraw Hill
- [7] Scanlon, V., Sanders, T. (2007). Essentials of Anatomy and Physiology. 5th edition. F. a. Davis Company. Philadelphia
- [8] Netter, F.H., Atlas of human anatomy 2006: Saunders/Elsevier
- [9] Cardozo, L. and D. Staskin, Textbook of female urology and urogynaecology 2001: Isis Medical Media.
- [10] Dietz, H.P., L.P.J. Hoyte, and A.B. Steensma, Atlas of Pelvic Floor Ultrasound 2007: Springer.
- [11] Ashton-Miller, J.A. and J.O.L. Delancey, Functional anatomy of the female pelvic floor. Reproductive Biomechanics, 2007. 11(1): p. 266-296.
- [12] Corton, M.M., Anatomy of the pelvis: How the pelvis is built for support. Clinical Obstetrics and Gynecology, 2005. 48(3): p. 611-626.
- [13] Rouvière, H. and A. Delmas, Anatomía Humana: Descriptiva, Topográfica y Funcional. 11.ª ed. Vol. 2. 2005: Masson.
- [14] Petros, P., (2006) The Female Pelvic Floor. 2nd ed: Springer.

- [15] Petros, P., The female pelvic floor: function, dysfunction and management according to the integral theory 2007: Springer.
- [16] Kenton, K. and E.R. Mueller, The global burden of female pelvic floor disorders. BJU International, 2006. 98: p. 1-5.
- [17] Lacima, G. and M. Espuna, Patología del suelo pélvico. Gastroenterol Hepatol, 2008. 31(9): p. 587-95.
- [18] Chapple, C.R., K. Bo, and A.R.B. Smith, Multidisciplinary Management of Female Pelvic Floor Disorders 2006: Churchill Livingstone.
- [19] Hunskaar S, B.K., Clark A, Lapitan MC, Nelson R, Sillén U, Thom D. , Epidemiology of Urinary (UI) and Faecal (FI) Incontinence and Pelvic Organ Prolapse (POP). Health Publication Ltd, 2005. 1: p. 255-312.
- [20] Constantinou, C.E., et al., Determining the displacement of the pelvic floor and pelvic organs during voluntary contractions using magnetic resonance imaging in younger and older women. BJU International, 2002. 90(4): p. 408-414.
- [21] Smith, C.A., Witherow, R. O'N., The assessment of female pelvic floor dysfunction. BJU International, 2000. 85(5): p. 8.
- [22] Norton, C. and M.A. Kamm, Anal sphincter biofeedback and pelvic floor exercises for faecal incontinence in adults--a systematic review. Aliment Pharmacol Ther, 2001. 15(8): p. 1147-54.
- [23] Theobald, P.V., C.W. Zimmerman, and G.W. Davila, Vaginal Prolapse Surgery: New Techniques 2011: Springer.
- [24] Zimmern, P.E., Vaginal Surgery for Incontinence and Prolapse 2006: Springer.
- [25] Vayleux, B., et al., Female urinary incontinence and artificial urinary sphincter: study of efficacy and risk factors for failure and complications. Eur Urol, 2011. 59(6): p. 1048-53.
- [26] Santoro, G.A., P. Wiczorek, and C.I. Bartram, Pelvic Floor Disorders: Imaging and Multidisciplinary Approach to Management 2010: Springer Verlag.
- [27] Vaz Santos. (2006) Terapêutica da Incontinência Urinária de Esforço Genuína. Acta Urológica; 23;1:15-19.
- [28] David H. Thom, Jeanette S. Brown et al. (2010) Incidence of and Risk Factors for Change in Urinary Incontinence Status in a Prospective Cohort of Middle-Aged and Older Women: The Reproductive Risk of Incontinence Study in Kaiser. J Urol; 184: 1394-1401.

- [29] WHO (1998) World Health Organization Calls First International Consultation on Incontinence. Press Release WHO/49.
- [30] Abrams P, Cardozo L et al. (2009) Incontinence: 4th International Consultation on Incontinence; Paris, France: Health Publications.
- [31] Jeffcoate TNA, Roberts H. (1952) Observations on stress incontinence of urine. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 64: 721-758.
- [32] Petros PE. (2010) In: *The Female Pelvic Floor. Function, Dysfunction and Management According to the Integral Theory*. Springer; 3rd Edition.
- [33] De Lancey OL, Ashton-Miller JA. (2004) Pathophysiology of adult urinary incontinence. *Gastroenterol.*, 126:s23-s32.
- [34] Vaz Santos. (2006) Terapêutica da Incontinência Urinária de Esforço Genuína. *Acta Urológica*; 23;1:15-19.
- [35] Bø K. (2004) Pelvic floor muscle training is effective in treatment of female stress urinary incontinence, but how does it work? *Int Urogynecol J*. Mar-Apr; 15(2):76-84
- [36] Hay-Smith EJ, Bø K, Berghmans LC, et al (2007) Pelvic floor muscle training for urinary incontinence in women. *Cochrane Database Syst Rev*; (1):CD001407.
- [37] Hay-Smith EJ, Dumoulin C. (2006) Pelvic floor muscle training versus no treatment, or inactive control treatments, for urinary incontinence in women. *Cochrane Database Syst Rev*.; (1):CD005654.
- [38] Kegel A. (1948) Progressive resistance exercise in the functional restoration of the perineal muscles. *Am J Obstet Gynecol*; 56:8-48
- [39] Glavind K, Laursen B, Jaquet A. (1998) Efficacy of biofeedback in the treatment of urinary stress incontinence. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct*; 9:151-3.
- [40] Schaffer, J.I., C.Y. Wai, and M.K. Boreham, Etiology of pelvic organ prolapse. *Clinical Obstetrics Gynecology*, 2005. 48: p. 639-647
- [41] Swift, S., et al., Pelvic Organ Support Study (POSST): the distribution, clinical definition, and epidemiologic condition of pelvic organ support defects. *Am J Obstet Gynecol*, 2005. 192(3): p. 795-806.
- [42] Cardozo, L. and D. Staskin, *Textbook of Female Urology and Urogynaecology* 2004: ISIS Medical Media.
- [43] Thakar, R. and S. Stanton, Management of genital prolapse. *BMJ*, 2002. 324: p. 1258-1262.
- [44] Hendrix, S., Pelvic organ prolapse in the women's health initiative: Gravity and gravidity. *Am J Obstet Gynecol*, 2002. 186(6): p. 1160-1166.

- [45] Mant, J., R. Painter, and M. Vessey, Epidemiology of genital prolapse: observations from the Oxford Family Planning Association study. *Br J Obstet Gynaecol*, 1997. 104: p. 579-585.
- [46] Model, A.N., K.L. Shek, and H.P. Dietz, Levator defects are associated with prolapse after pelvic floor surgery. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*, 2010. 153(2): p. 220-3.
- [47] Riansuwan, W., et al., Combined surgery in pelvic organ prolapse is safe and effective. *Colorectal Dis*, 2010. 12(3): p. 188-92.
- [48] Drutz, H.P., S. Herschorn, and N.E. Diamant, *Female Pelvic Medicine and Reconstructive Pelvic Surgery* 2003: Springer.
- [49] Mascarenhas, T., *Disfunções do pavimento pélvico: incontinência urinária e prolapso dos órgãos pélvicos*
- [50] Hayden D., et al. Fecal Incontinence: Etiology, Evaluation, and Treatment. *Clin Colon Rectal Surg*. 2011; 24: 64–70.
- [51] Findlay JM., et al. Current issues in the management of adult faecal incontinence. *Br J Hosp Med*. 2010 Jun; 71(6): 335-40.
- [52] Rao S. Diagnosis and Management of Fecal incontinence. *Am J Gastroenterol*. 2004 Aug; 99 (8):1585-604.
- [53] J.Leite, F.Poças. Tratamento da incontinência fecal. *Rev Port Coloproct*. 2010; 7(2): 68-72.
- [54] Wald A. Fecal incontinence in Adults. *N Engl J Med*. 2007; 356:1648-55.
- [55] Papaconstantinou H. Evaluation of Anal Incontinence: Minimal Approach, Maximal Effectiveness. *Clinics in Colon and Rectal Surgery*. 2005;18.
- [56] Andromanakos N., et al. Anorectal incontinence, pathogenesis and choice of treatment. *J Gastrointest Liver Dis*. 2006;15(1): 41-49.
- [57] M., Corton. Anatomy of Pelvic Floor Dysfunction. *Obstet Gynecol Clin N Am*. 2009; 36:401–419.
- [58] Abrams P., et al. Fourth International Consultation on Incontinence-Recommendations of the International Scientific Committee:Evaluation and treatment of urinary incontinence, pelvic organ prolapse, and fecal incontinence. *Neurourol Urodyn*. 2010; 29(1): 213-240.
- [59] Kouraklis G. , Andromanakos N. Evaluating Patients with Anorectal Incontinence. *Surg Today*. 2004; 34(4): 304-12.
- [60] Rao S., et al. Advances in diagnostic assessment of fecal incontinence and dyssynergic defecation. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2010 Nov; 8(11): 910–919.



- [61] Madoff RD, et al. Faecal incontinence in adults. *Lancet*. 2004; 364: 621–632.
- [62] Maslekar S., et al. Investigation and treatment of faecal incontinence. *Postgrad Med J*. 2006; 82(968): 363–371.
- [63] Bharucha AE. Management of Fecal Incontinence. *Gastroenterol Hepatol (N Y)*. 2008; 4(11): 807–817.
- [64] Rao S. Disorders of anorectum. *Gastroenterol Clin North Am*. W.B. Saunders. 2001; 30(1): 55–76.
- [65] HALL, S. (1991). *Biomecânica Básica*. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro
- [66] HAY, J. (1978). *The Biomechanics of Sports Techniques*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, N.J
- [67] Petros, P., *The female pelvic floor: function, dysfunction and management according to the integral theory* 2007: Springer.
- [68] Baessler, K., et al., *Pelvic floor re-education: principles and practice* 2008: Springer
- [69] DeLancey, J.O., *The anatomy of the pelvic floor*. *Curr Opin Obslet Gynecol*, 1994.6(4): p.316-6
- [70] Parente, M., et al., *Finite element studies of the deformation of the pelvic floor*. *Ann N Y Acad Sci*, 2007. 1101: p. 316-34.
- [71] Dassault Systemes. Abaqus Unified Fea [em linha]. [consultado em 15 setembro de 2015], Disponível em URL: <http://www.3ds.com/products-services/simulia/products/abaqus/abaquscae/>
- [72] Janda, Š., van der Helm, F. C., & de Blok, S. B. (2003). Measuring morphological parameters of the pelvic floor for finite element modelling purposes. *Journal of biomechanics* 36(6):749-757.
- [73] Parente, M. P., Natal Jorge, R. M., Mascarenhas, T., Fernandes, A. A., & Silva-Filho, A. L. (2010). Computational modeling approach to study the effects of fetal head flexion during vaginal delivery. *American journal of obstetrics and gynecology* 203(3):217-e1.
- [74] Pool-Goudzwaard, A., Hoek van Dijke, G., van Gurp, M., Mulder, P., Snijders, C., & Stoeckart, R. (2004). Contribution of pelvic floor muscles to stiffness of the pelvic ring. *Clinical Biomechanics*, 19(6), 564-571.
- [75] Yip, C., Kwok, E., Sassani, F., Jackson, R., & Cundiff, G. (2012). A biomechanical model to assess the contribution of pelvic musculature weakness to the development of stress urinary incontinence. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, (ahead-of-print), 1-14.

- [76] Venugopala Rao, G., Rubod, C., Brieu, M., Bhatnagar, N., & Cosson, M. (2010). Experiments and finite element modelling for the study of prolapse in the pelvic floor system. *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering*, 13(3), 349-357.
- [77] Chen, L., Ashton-Miller, J. A., Hsu, Y., & DeLancey, J. O. (2006). Interaction between Apical Supports and Levator Ani in Anterior Vaginal Support: Theoretical Analysis. *Obstetrics and gynecology*, 108(2), 324.
- [78] Albertino J. C. Arteiro, M.P.L.P., Renato M. Natal Jorge, Maria T. Mascarenhas, Construção de um modelo 3D dos órgãos da cavidade pélvica feminina, 2009.
- [79] Martins, P.A., et al., Uniaxial mechanical behavior of the human female bladder. *Int Urogynecol J*, 2011. 22(8): p. 991-5.
- [80] A tutorial: Creating and analyzing a simples model [em linha]. [consultado em 20 setembro de 2015], Disponível em URL: <http://perso.mines-albi.fr/~penazzi/emboutissage/getting-start-cae.pdf>
- [81] Silva, A., 2012. Estudo Biomecânico da Cavidade Pélvica da Mulher. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto
- [82] Abaqus 6.11 Documentação Online 2011, Dassault Systèmes